

EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut



**Hevelin Kõivik**

**PUIDUSINETUSE VÄLTIMINE KUUSEPUIDUL  
ERINEVATE PUIDUKAITSEVAHENDITEGA**

**EFFICIENCY OF VARIOUS WOOD PROTECTION  
PRODUCTS TO AVOID BLUE STAIN ON SPRUCE WOOD**

Magistritöö  
Metsatööstuse õppekava

Juhendajad: dotsent Regino Kask, *PhD*

dotsent Rein Drenkhan, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Hevelin Kõivik		Õppekava: metsatööstus	
Pealkiri: Puidusinetuse vältimine kuusepuidul erinevate puidukaitsevahenditega			
Lehekülgi:69	Jooniseid: 37	Tabeleid: 3	Lisasid: 3
Õppetool:		Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool	
ETIS-e teadusvaldkond:		1.5. Metsandusteadus	
CERC S-i kood:		B430	
Juhendaja(d):		PhD Regino Kask, PhD Rein Drenkhan	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2018	
<p>Käesolevas magistritöös on käsitletud kahte erinevat sinetuse tekitajat <i>Alternaria alternata</i> kui intensiivset ja agressiivset hallitust ning pindmist puidusinetuse tekitajat. Teise sineseenena testiti <i>Ophiostoma piceae</i>-t kui aeglasema kasvukiirusega, kuid puidu sisemistesse kihtidesse levivat sinetuse tekitajat.</p> <p>Töö uurimusliku osa eesmärgiks on välja selgitada kolme erineva keemilise koostisega puidukaitsevahendi efektiivsus kuusepuidu sinetuse tõrjel. Testitavateks puidukaitsevahenditeks valiti tavapoodidest kättesaadavad preparaadid Mögel-fri, Boracol, RP Wood. Katse teostamiseks valmistati kuuse malts- ja küspuidu katsekehad. Katsetulemusi hinnati pindmiselt kasutades analüüsitud katsekehade võrdlemiseks kontrolli, ehk terveid katsekehi. Puidu sisemiste kihtide hindamiseks lõhestati katsekehad ning sinetuse osakaalu hindamiseks pildistati kõik katsekehad. Sinetunud puidu osakaalu võrreldi terve puiduga kasutades programmi Image J.</p> <p>Töö tulemusena selgus, et Boracol puiduimmuti tõrjus puidusinetust nii katsekehade pinnalt kui ka puidu seest kahe kuu pikkuse katseperioodi jooksul. Puit oli sinetunud pindmiselt vaid õrnalt osadel katsekehadel, kuid puidu sisemuses ühel maltspuidu katsekehal oli sinetus vaid hajusalt ja <i>Alternaria</i> katses oli sinetuse osakaal vaid 0,59%. Võrreldes kontrolliga Mögel-fri preparaadi ja <i>Ophiostoma</i> katsel oli sinetusega nakatumine intensiivsem nii pinnal kui puidu sees, sinetuse kahjustuse osakaal oli maltspuidul 22,04 % ning <i>Alternaria</i> testis oli kahjustuse osakaal 7,13%. RP Wood tõrjevahendi testis olid tulemused sarnased, Mögel-Fri omadega, puit nakatus nii pindmiselt kui puidu sees. RP Wood ja <i>Alternaria</i> testis oli sinetuse osakaal 7,96% ning <i>Ophiostoma</i> katsel oli sinetuse osakaaluks vaid 1,10%.</p>			
Märksõnad: <i>Alternaria. alternata</i> , Boracol, RP Wood, Mögel-fri, <i>Picea abies</i> , <i>O. piceae</i>			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Masters's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Hevelin Kõivik		Speciality: forest industry	
Title: Efficiency of various wood protection products to avoid blue stain on spruce wood			
Pages: 69	Figures: 37	Tables: 3	Appendixes: 3
Chair Field of research and CERC S code: Supervisors: Place and date:		Forest Management Planning and Wood Processing Technologies 1.5. Forest Sciences B430 PhD Regino Kask, PhD Rein Drenkhan Tartu, 2018	
<p>The present Master's Thesis examines two different blue stain fungi. <i>A. alternata</i> as a mold fungus an intensive and aggressive agent in developing blue stain. Second blue stain fungus is <i>O. piceae</i> has a slower growth rate and it is inside wood layers. The main goal of the thesis is to examine the efficiency of three different wood protection products, which chemical content varies control of blue staining on wood. The wood protection products selected for the present research were Mögel-fri, Boracol, and RP Wood, which are all readily available in retail establishments. In order to perform the tests sapwood and heartwood specimens were prepared from Norway spruce. The blue stain evaluation was carried out on the surface of the wood as well as inner layers of the wood. The blue stain percentage inner layers of the wood was compared by control using the programme <i>Image J</i>. The main result of the research it appeared that Boracol wood protection product is the most efficient control to blue staining fungus on the surface of wood samples as well as inner layers of the wood. According to Boracol test some of the wood samples were slightly stained and inner layer one sapwood sample was only sparsely infected. The proportion of blue stain infection on sapwood was only 0.59% in <i>Alternaria</i> testing. In the <i>Ophiostoma</i> and Mögel-fri wood protection product test showed some signs of blue stain infection on the surface of wood sample as well as intensive infection inner layers of the wood samples, the infection proportion of blue stain was 22.04%. In <i>Alternaria</i> experiment it was only 7.13%. RP Wood test results were similar: the blue staining infection appeared on the surface layers as well as inner layers of the wood specimens, although not so extensively as in the case of Mögel-fri test. Blue stain proportion in <i>Alternaria</i> test was 7.96% and in <i>Ophiostoma</i> test the blue stain proportion was only 1.10%.</p>			
Keywords: <i>Alternaria. alternata</i> , Boracol, RP Wood, Mögel-fri, <i>Picea abies</i> , <i>O. piceae</i>			

# SISUKORD

1 SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1. Hallituse tekitaja <i>Alternaria alternata</i> ja selle liigi seos puidusinega .....	8
1.2. Puidusine ja selle tekitaja <i>Ophiostoma piceae</i> .....	10
1.3. Seente ja puidusinetuse tekkimiseks vajalikud tingimused .....	12
1.4. Puidukaitse ja selle erinevaid kasutusviise .....	13
1.5. Hariliku kuuse ja hariliku männi immutamine .....	16
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	18
2.1. Preparaatide tutvustus .....	18
2.2. Katsekehade valmistamine.....	19
2.3. Katse käik.....	21
2.3.1. Katsekehade ettevalmistamine .....	21
2.3.2. Sinetuse tekitajate ettevalmistamine Petri tassidesse .....	23
3. TULEMUSED .....	29
3.1. Tõrjevahenditega immutatud katsekehade puidusinetuse visuaalsed hinnangud puidu pinnal .....	29
3.1.1. MÖGEL-FRI .....	29
3.1.2. BORACOL .....	32
3.1.3. RP WOOD .....	35
3.1.4. Kuumutatud, kuivatatud- ja toores puit .....	39
3.2. Kontroll katsekehad .....	44
3.3. Tõrjevahenditega immutatud katsekehade puidusinetuse hinnangud puidu sees .....	47
3.3.1. MÖGEL-FRI .....	47
3.3.2. RP WOOD .....	48
3.3.3. BORACOL .....	49
3.3.4. Kuumutatud, kuivatatud ja toores puit .....	51
3.4. Katsekategooriate erinevuste hindamine R-Studio keskkonnas .....	54
4. ARUTELU .....	56
KOKKUVÕTE .....	60
KASUTATUD KIRJANDUS .....	62
LISAD .....	65

Lisa 1.....	66
Lisa 2.....	67
Lisa 3.....	68

## SISSEJUHATUS

Tänapäeval on väga oluline loodusressursse säästlikult kasutada ja majandada. Mõistlikult ja efektiivselt puiduvarude kasutamine ning kulude minimeerimine annab märkimisväärse majandusliku efekti. Kuna puit on suure väärtusega ning väga erinevates tööstusvaldkondades kasutatav produkt siis selle tõttu, seatakse kõrged nõuded ka puidu kvaliteedile. Töös käsitletav puidusinetus on tülikas seenpõhjuslik puidukahjustus, mis võib rikkuda puitmaterjali loomuliku ilu ja kahandada toote kvaliteeti ning lõpuks ka toote väärtust. Puidusinetus on kerge tekkima temperatuuri kõikumisest parasniiskuses, puitmaterjali kehvasti ladustamisest või siis ebapiisavast puidu hooldamisest. Seenpõhjuslik puidukahjustus tekitab probleeme tavakasutajatele kui ka tööstustele. Kuigi puiduseente värvimuutused ei mõjuta puidu tugevust, kuid vähendavad oluliselt puidu turuväärtust (Dawson-Andoh *et al.* 2000). USA-s tehtud analüüside põhjal on ainult sinest tekkinud kahjud ligikaudu 50 miljonit dollarit aastas (Zabel, Morell 1992). Kahjustatud puidu värvitoon varieerub kahvatusinisest mustani ja intensiivse värvi tõttu võib sinetus varjata teiste lagundavate mädanike olemasolu puidus (Jänes 2001). Töös testitakse erinevate tavakasutuses olevate (ehituspoodides kättesaadavate) puidukaitsevahendite efektiivsust kuusepuidu sinetuse tõrjel, mis annab aimu tegelikust mõjust puidusinetuse tõrje vastu.

Puidusinetus on probleemina väga laialt levinud ning selle tekkimise, ennetamise ja tagajärgedega tegelemise kohta on avaldatud mitmeid artikleid ja uuringuid (Kreber 1994, Schmidt 2006). Erinevate sinetust tekitavate seente arenemise, leviku, iseloomu ning ohtlikkuse põhjalikum uurimine viib probleemi ennetamisel tulemuste saavutamisele lähemale. Sageli pole tõrjevahendite tootjad, kes väidavad pakutava toote pikaajalist kaitset puidusinetuse vastu, avaldanud uurimusi ega katseid toodete efektiivsuse ja lubatavate tulemuste kohta. Käesolev magistritöö täiendab 2016. aastal tehtud bakalaureuse tööd puidusinetuse tõrjumise kohta männipuidul. Varasemalt on tehtud ka teinegi sarnane uurimustöö (Käkki 2014), mis võrdles kolme loodusliku koostisega puidukaitsevahendit puidusinetuse tõrjel. Töö eesmärk on võrrelda kolme erineva keemilise koostisega

puidukaitsevahendi tõrjetoimet hariliku kuuse puidu sinetuse tõrjel. Kuusk valiti katsematerjaliks, kuna ta on majanduslikult oluline ning puidusinetusele samuti suhteliselt tundlik puuliik. Tulemused annavad parema ülevaate kaitsevahendite efektiivsusest, et tarbijal oleks lihtsam orienteeruda erinevate puidukaitsevahendite vahel.

Töö metoodika seisneb vastavate katsekehade töötlemises erinevate keemilise koostisega puidukaitsevahenditega ja nende testimises puhassöötmel ette kasvatatud pindmist puidusinetust tekitava seenega *Alternaria alternata* aga ka tõsisema puidusinetust tekitava seenega *Ophiostoma piceae*, mis levib puidus sügavamale sisemistesse kihtidesse. Katsekehad kuivatati ja kuumutati tingimustes, mis annavad sarnaseid tulemusi reaaalses elus olevaga. Katse võrdleb kolme tõrjevahendi efektiivsust puidusinetuse tõrjumisel kahe erineva käitumisega puidusinet tekitava seenega.

### **Tänuavaldus**

Täna käesoleva uurimistöö läbiviimise juures abiks olnud Regino Kaske, Rein Drenkhanit ja Kalev Adamsoni.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Hallituse tekitaja *Alternaria alternata* ja selle liigi seos puidusinega

Puidusine esineb maltspuidus radiaalsete triipude värvuse muutumisena sinakaks, hallikaks, mustjaks, mis on põhjustatud umbes 100-250 kott- või kandseente poolt. Tumedad hallitusseened nagu *Alternaria alternata*, *Cladosporium sphaerospermum* ja *C. cladosporioides* tekitavad samuti puidusinet. Puidusine esineb eelkõige okaspuidul, nt männil, kuusel, lehisel. Lehtpuudest aga pöögil ja kasel ning erinevatel troopilistel puuliikidel. Mõned seened võivad püsivalt kasvada taime lehtedel. Tüüpilised taimede lehtedel arenevad seened on *Alternaria*, *Aureobasidium* ja *Cladosporium* perekonna liigid. Mitmed neist seentest on potentsiaalsed parasiidid ja mõjutavad ka sine levikut puidus nagu saprobiondid (toituvad surnud puidust). Paberipuidul on kahjustused tingitud *Alternaria* seene arenemisest hiljem paberimassis. Siseruumides peetakse oluliste mürgiste ühendite tekitajateks ainult osasid seenevorme, nt *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. versicolor*, *Chaetomium globosum*, *Emericella nidulans*, *Memnoniella echinata* ja *Stachybotrys chartarum*. (Schmidt 2006)

*Alternaria* perekonda kuulub ligikaudu 50 erinevat liiki. Nende seas on *A. alternata* üks levinumaid ja kõige enam uuritud kottseeni. Seent tuntakse kogu maailmas kui tavalist taimepatogeeni ja õhu kaudu levivat allergeeni. Seda hallitusseent peetakse üheks kõige olulisemaks õhus levivaks. *Alternaria alternata* jõuab tippkontsentratsiooni suve lõpus. Tavaliselt on välisõhus suurem eoste olemasolu kui siseruumides. Seen on ülemaailmne saprofüüt, mida tavaliselt leidub taimedel, toiduainetes, tekstiilides, pinnases ja siseruumides. Kasvab väga erinevatel substraatidel. Samuti leidub seda ka laguneval puidul ja puitmassil. Kompost on selle seeneliigi sobivaimaks kasvu pinnaseks. Nimetatud seene temperatuuri nõuded on vahemikus 2 °C kuni 32 °C (optimaalne on 25-29 °C). Optimaalne pH on vahemikus 4-5,4, kuigi see liik võib ka kasvada pH vahemikus 2,7-8. *Alternaria* on sekundaarne lagundaja ja kasvab erinevatel ehitusmaterjalidel ja sisepindadel. Seda hallitust



on leitud põrandatelt, vaipadelt, aknaraamidelt, seintelt, lagedelt, tapeedilt. Seen on sagedane piirkondades, kus on vee kahjustusega või üle ujutatud ehitised. Uuringus, mis hõlmas 831 elamut 75 erinevas asukohas kogu USA-s tuvastati (95-99%) ulatuses siseruumide tolmuproovidest *Alternaria* antigeene. 2005. aasta orkaanide Katrina ja Rita järel Louisina lahe rannikul olid üle ujutatud tuhanded kodud ja õhust võetud proovid näitasid, et *Alternaria* spp. on väga kõrge levikuga, välisõhus 45% ja siseruumides 20%. (d'Halewyn, Chevalier 2016)

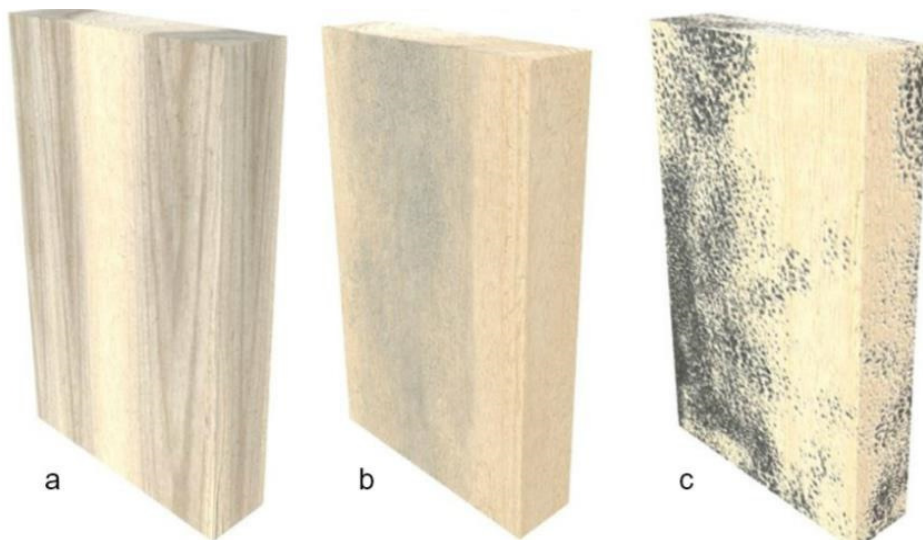
Taimedel tekitab *Alternaria* mandariini pruuni mädanikku, sidrunite ja laimide lehtedel lehelaike, mitmesugustel puu -ja köögiviljadel musta mädanikku (Zeiner *et al.* 2016). See on tüüpiline aeroallergeenide perekond ja enamikul juhtudel on see kõige sagedasem seeneliik, mis on seotud inimeste ja loomade terviseprobleemidega (d'Halewyn, Chevalier 2016). Õhus leiduvad eosed põhjustavad allergilisi reaktsioone riniiti ja bronhiaalastmat põdevatel inimestel. Pikaajaline kokkupuude eoste ja mütseelifragmentidega võib põhjustada isegi surma. Samuti on teada, et *Alternaria* põhjustab nahahaigusi eriti immuunpuudulikkusega patsientidel, näiteks luuüdi siirdamist vajavatel patsientidel. (Kung'u 2018)

*A. alternata* on pigem erinevate seenetüvede kompleks kui üksik liik ning võib koosneda mitmest heterogeensest liigist (d'Halewyn, Chevalier 2016). *Alternaria* eoseid võib leida kevadest kuni hilissügiseni enamikes parasvöötme piirkondades. Seene eosed võivad õhu kaudu läbida tuhandeid kilomeetreid. Seene eosed on suurima kontsentratsiooniga kuivades ja tuulistes tingimustes, mis sobivad eoste levimiseks ideaalselt. Ühte liiki *Alternariat* on isoleeritud tekstiilist, lõuendist, papist, paberist, ladustatud toidust, elektrikaablitest, lennukikütusest, poliüuretaanist, kanalisatsioonist ja heitveest. (Kung'u 2018)

*Alternaria* kasvab kiiresti ja seene kolooniad arenevad 5 päeva jooksul. Kolooniad on lameda ehitusega, tumedad, villased ja kaetud lühikeste hüüfidega. Nende värvused muutuvad aja jooksul rohelisest, mustast kuni oliivi roheliseni. Pigmenti tootmisel on kolooniate tagakülgtavaliselt pruunikas must (d'Halewyn, Chevalier 2016). Hallitanud puit on siiski turustamiseks kõlbmatu. Dekoratiivseks otstarbeks näiteks seinapaneelidele hallitanud puit ei sobi, sest seentest nakatunud puitu ei tohi kasutada erinevate hügieeninõuete tõttu. Näiteks, ei saa seda kasutada ka pakkematerjalina (Schmidt 2006).

## 1.2. Puidusine ja selle tekitaja *Ophiostoma piceae*

Puidusine on teatud seente poolt põhjustatud puidu värvimuutus. Sinest tingitud värvimuutuseid nimetatakse sageli maltspuidu sineks, kuna sineseened mõjutavad maltspuitu, kus leidub hapnikku ja toitaineid. Kvaliteediklasside järgi puidusine vähendab oluliselt palkide ja saematerjali väärtust. See kehtib eriti puittoodetele, millel on olulised esteetilised või visuaalsed omadused, näiteks heleda värvusega puit (Hubbard *et al.* 2005). Puiduseened, kes kasutavad puitu substraadina jaotatakse kolme rühma, need on: pindmised hallitusseened, maltspuidu sineseened, puitu lagundavad seened. Maltspuidu sineseeni leidub vaid maltspuidus, kus kasutatakse ära tallel olevad toidained nagu suhkrud, tärklised, valgud ja rasvad (Joonis 1-a). Pinnal olev niiskus võimaldab kasvada erinevatel hallitustel, kuid need on kergesti eemaldatavad (Joonis 1-c). Hallitusseened moodustavad pindmiste seente grupi ning põhjustavad puidus värvimuutuseid, eoste, hüüfide ja mütseelide tõttu (Joonis 1-b). Enamasti ei levi pindmised seened puidu sisemistesse kihtidesse ning ei kahjusta puidu struktuuri. Puitu lagundavad seened arenevad eelkõige lülipuidus ja maltspuidus ning lagundavad puidu struktuuri. Lagundavad seened kasutavad toiduks puidu osa, kus on tselluloos, hemitselluloos ja ligniin. (Thadigiri 2009)



**Joonis 1.** Antud näites on näha (a) maltspuidu sinetus, (b) hallitusseente poolt põhjustatud värvimuutus ja (c) pindmine hallitus (Swedish Wood 2018 järgi).

Puidusinetust võib klassifitseerida ka kõvamädanikuna. Sinetus on siiski puidu iluviga, sest puidu tugevus üldjuhul sinetuse tõttu ei muutu. Kahjustatud puidu värvitoon varieerub kahvatusinisest mustani ja oma intensiivse värvi tõttu võib sinetus varjata teiste puitu lagundavate mädanike olemasolu puidus. (Jänes 2001)

Paljud seened koloniseerivad ja põhjustavad maltspuidu värvimuutusi värskel saematerjalil nii okaspuu kui ka lehtpuu puidul. Kuigi puiduseente värvimuutused ei mõjuta puidu tugevust, vähendavad need oluliselt puidu turuväärtust. Pindmised seened (hallitusseened) toodavad arvukalt tumeda pigmendiga eoseid ja maltspuidus arenevad sineseened toodavad tumeda pigmendiga hüüfe, mis võivad tungida puidu sisemistesse kihtidesse (Dawson-Andoh *et al.* 2000).

Puidusinetust tekitavad seened jaotatakse põhiliselt kolme tekitajate gruppi: *Ceratocystis*, *Ophiostoma* ja *Ceratocystiopsise* liigid. Eraldi käsitlust leiab puidusine tekitaja *Ophiostoma piceae*, kes areneb ka eluspuudes. Optimaalseks niiskuseks on neile seentele 50-130%. *Ophiostoma picea* ning *Discula pinicola* eosed levivad puule peamiselt tuule poolt murtud okste oksakohtade kaudu, eoste levimist soodustavad lisaks metsamajanduslikele töödele ka puidu transport. Veel levitavad neid seeni kooreüraskid koorimata männi tüvedes, millel on lastud metsas kuivada nädalaid ning kuid. Antud puidusinetust tekitavad seeneliigid *Hormonema dematioides*, *Aureobasidium pullulans* ja *Leptographiumi*, mis esinevad kõige sagedamini halli männi (*Pinus banksiana*) maltspuidul ja koorel. Olulisemaid puidusinetust tekitavaid seeni tervel ning elusal hallil männil pole leitud. Laoplatsidele paremate tingimuste loomine ning puidu transport kohe pärast puude raiumist tööstusesse aitavad vähendada oluliselt puidusinetuse ohtu. (Schmidt 2006)

*Ceratocystis* ja *Ophiostoma* kuuluvad kottseente hõimkonda. Morfoloogiliselt on seened väga sarnased, mis on ka üheks põhjuseks nende samasse gruppi liigitamisel. Seente viljakehad nii *Ceratocystisel* kui ka *Ophiostomal* on sulgeoslatega. Nende struktuurid on tumedad, gloobuse kujulised pikendatud kaeltega, mis toodavad kleepuvat eoste massi. Seesama kleepuv eoste mass võimaldab kergemalt putukate ja teiste antropoloogiliste kehade, eeskätt kooreüraski kinnitumist puidule, mis omakorda põhjustab efektiivse putukate levimise. On väga raske tuvastada *Ceratocystis* ja *Ophiostoma* kogutud eoseid. *Ophiostoma* areneb keskkonnas, mis

sisaldab tsükloheksimiide, algset fungitsiidi, mis pärsib valkude sünteesi. *Ceratocystis* on aga tundlik tsükloheksimiidi (antibiootikum) suhtes ja ei kasva kui seda leidub söötmes. (Thadigiri 2009)

Mootorsaega langetatud puudel esineb vähem puidusinetust. Senikaua kui puu koor on kahjustamata ning palke pole rünnanud putukkahjurid. Harvesteridel on siiski oluline roll puitu lagundavate seente ja värskelt raiutud okaspuu palkide vahel. Masinad, mida kasutatakse metsaraietöödel kahjustavad värskelt raiutud palkide koort. Koor eemaldatakse, või siis põhjustatakse mitmeid sentimeetreid sügavaid torkeid ja süvendeid (Uzunovic *et.al* 2008). Puidusinetust levitavad metsamasinad (saeleht ja harvesteri pea). Tuues näiteks musta männi (*Pinus nigra*) raiel analüüsitud erinevate raievõtete (harvesteri ja mootorsae raie) mõju sinetuse levikule puidus. Tulemused näitavad, et harvesteriga raie suurendab puidusinetuse esinemist musta männi laoplatsidel võrreldes mootorsae raiega. Põhjuseks on see, et harvesteri pea metallist rullikud kahjustavad koort rohkem kui kummist rullikud. (Lee, Gibbs 1996)

### **1.3. Seente ja puidusinetuse tekkimiseks vajalikud tingimused**

Puidus värvimuutusi põhjustavatel seentel on elutegevuseks väga olulised kasvutingimused. Nagu kõik elusorganismid vajavad ka puiduseened kasvamiseks hapnikku, toitaineid, vett ja sobivat temperatuuri. Need neli tingimust on omavahel seotud ning seente areng on pärsitud kui üks neljast tingimusest on puudu. (Kreber 1994)

Puidusine põhjustavad seened saavad kasvada samadel niiskuse- ja temperatuuri tingimustes 0 °C kuni 40 °C kui puitu lagundavad seened, kuid mõni puitu lagundav seen võib kasvada ka -3 °C kraadi juures. Madalatel temperatuuridel on sineseen värvitu ja paljale silmale märkamatu. Sinine värvus ilmub nähtavale siis kui temperatuur tõuseb 8 °C kuni 10 °C-ni ja temperatuur püsib vähemalt nädal aega. Männi maltspuit on sinele vastuvõtlikum, kuid kahjustab ka kuusepuitu. (Swedish Wood 2018)

Seente areng toimub puidus vaid kindlate temperatuuri -ja niiskustingimuste juures. Alumiseks temperatuuriks seente elutegevusel peetakse vahemiku 0 °C kuni 5 °C ning

ülemiseks temperatuuri piiriks 45 °C kuni 50 °C. Kui niiskus puidus on alla 18-20% või kui niiskus on suurem kui 120-150% siis seente areng puidus lakkab. Üheks põhjuseks, miks seened ei arene võib olla madal niiskuse tase puidus, teisalt kõrge niiskuse puhul aga õhu puudumine rakuõõnsustes. (Reiska 2010)

Olenevalt geograafilisest asukohast võivad seente liikide tüved erineda temperatuurinõuete poolest. Mõned liigid kohanevad kiiresti soojema keskkonna muutudes ja kasvavad edasi sobilikul temperatuuril. Sineseente kiire reageerimine ümbritsevale keskkonnale võimaldab ajutiselt ära kasutada soodsaid tingimusi. Samuti on sineseened kuumuse suhtes rohkem tundlikumad kui külmakraadide juures. (Miller 1980)

Palkide nakatumiseks sinetusega peab värskelt langetatud puidu niiskuse kadu olema 10-15%. Suurim puidusine tekkimise oht on toore puidu ladudes või puidutranspordil, siis kui puitu ümbritseva keskkonna suhtelise niiskuse tase on üle 90% (Schmidt 2006). Värskelt langetatud puud ning värske saematerjal sisaldab piisavalt hapnikku, mis on soodne seene kasvuks. Üldiselt seened ei saa kasvada veega küllastunud puidus, ehk niiskusega üle 120%. Sellistel tingimustel pole seene jaoks puidus piisavalt hapnikku, et kasvada (Kreber 1994). Sineseened võivad elada 1 kuni 6 kuud ilma hapnikuta, kuid kasvamiseks vajab seen aga hapnikku. Hapniku vähendamine on oluline (laboratoorsete eksperimentide puhul vähem kui 0,3%) seente kasvu pidurdamiseks. Hapniku vähendamiseks on kaks praktilist võimalust, esiteks puidu märg ladustamine, kus vesi asendab hapniku puidu sees. Teiseks puidu ladustamine CO<sub>2</sub>-ga rikastatud keskkonnas. (Uzunovic *et.al* 2008)

#### **1.4. Puidukaitse ja selle erinevaid kasutusviise**

Üheks peamiseks ja lihtsamaiks puidukaitse meetodiks peetakse puidu niiskuse alandamist, puidu kuivatamisega. Puidu kuivatamine on hea ja kindel meetod pikaajalisemaks puidu kaitseks tingimustes, mis võimaldavad välistada puidu niiskumise. Kõrgendatud niiskuse printsiipi saab kasutada siiski vaid lühiajaliseks puidu kaitseks. Selleks on materjali vihmutamine või siis säilitamine vees (Reiska 2010). Puidu kaitsmist seente eest peaks

teostama juba metsaraie ajal. See muutub eriti oluliseks soojas ja niiskes keskkonnas, kus mikroorganismidega (bakterid ja seened) nakatumise oht on suurim. Värvusemuutuseid, mis on toimunud eluspuudel ei saa enam ennetada. Saematerjali kaitseks toodetakse sine vastu kemikaale, mida on kõige efektiivsem kasutada 24 tunni jooksul, vastasel juhul on seened kemikaalide kaitsvast toimest üle (Kreber 1994).

Vältimaks puidus mikrobioloogiliste värvimuutuste teket, tuleks raie kavandada külmal aastaajal. Lisaks tuleks veenduda, et puit jõuab kiiresti metsast puidutööstusesse. Lühem aeg vähendab oluliselt riski mikroorganismide tegevusele ladustatud puidus. Soovitatakse puitu ladustada kuival ja varjulisel ning ventileeritud alal, kus on välistatud otsene kontakt maapinnaga. Veel peab jälgima, et koor oleks kahjustamata, selleks et hoida puidu kõrget niiskuse taset ja kaitsta puitu infektsioonide eest. Puidus esinevaid värvimuutuseid saab ennetada õhkkuivatusena hästi ventileeritud virnades, mis on kaitstud otsese vihma eest. Sine teket aitab vältida ka kamberkuivatus. Puidu vihmutamine või puidu hoiustamine veetiikides kaitseb seente ning putukkahjustajate eest. Kuigi ka siis võib puidu märjal hoiustamisel kvaliteet langeda anaeroobsete bakterite mõju tõttu, kuid see areng on väga aeglane. (Schmidt 2006)

Männipuidu katsekehasid töödeldi vaakumis kvaternaarse ammooniumsilikooni mikroemulsiooniga (osakese suurus alla 40 nm), amooniumsilikooni makroemulsiooniga (110 nm) ja silikooni makroemulsiooniga koos alküüli kõrvalrühmadega (740 nm). Kvaternaarse silikooni mikroemulsioon põhjustas suurima rakuseina tihenemise (4,8%) ja suurima paisumise vastase efekti (21,8%) puidus mida töödeldi 30 % silikoonisisaldusega lahuses. Kõik 3 silikooni suutsid puidu muuta vetthülgavaks mida tõestasid kapillaarse veeimavuse testid (pikisuunas, radiaalsuunas ja tangentsiaalsuunas). Aminosilikooni makroemulsioon (10% silikooni sisaldus lahuses) põhjustas nii väli- kui sisetingimustes hoitud puidu puhul suure tõkestusvõime puidusine tekkimise vastu. Rohkem märke puidusine tekkimise algetest leiti eelnevalt ilmastiku käes väljas seisnud puidul. Töötlemine aminosilikooni makroemulsiooniga (10% silikooni sisaldus lahuses) näitas kindlalt suuremat vastupanuvõimet hallituste tekke vastu puidupinnal. Sama kontsentratsiooniga kvaternaarse silikooni mikroemulsioon ja alküülilise alarühmaga silikooni makroemulsioon näitasid tunduvalt madalamat vastupanuvõimet. (Ghosh *et al.* 2009)

Uus-Meremaal teostatud uurimuses puidusinet põhjustavate seente tõrjumisel naturaalse toodete ja bioloogiliste vahenditega toob välja kaks erinevat meetodit puidusine tõrjumise vastu. Esimene meetod toetub mikroorganismide võimele tõkestamaks puidusinetust tekitavate seente kasvu. Sellist võimet on tõestatud laboratoorsete katsetega puidu katsekehadel algselt testitud 848 erineva seene ja bakteri isolaatide (bioloogiliste tõrjevahendite) hulgast 116 puhul. Kuute kõige efektiivsemat isolaati testiti süvendatult saematerjali ja kooritud palkide puhul välitingimustes teostatud uurimuste puhul. Bioloogiliste tõrjevahenditena suutsid *Trichoderma* spp. ja *Trichotecium roseum* seent tõrjuda sama efektiivselt kui traditsioonilised tõrjevahendid. *T. Harzianum* oli puidu sisekihtides sine tõrjel oluliselt efektiivsem keemilistest tõrjevahenditest. Teine meetod põhineb mikroorganismide ja taimede teisejärgulises metabolismis tekitatud metaboliitide võimel tõkestada puidusinet tekitavate seente kasvu. Kasutati 29 erinevat naturaalselt õli laboratoorsetes tingimustes *O.piceae* tõrjeks. Kõige efektiivsemad õlid sisaldasid suurtes kogustes hapnikuga rikastatud orgaanilisi ühendeid/süsivesikuid. Hapnikuga rikastatud alkoholi või fenooli sisaldavad süsivesikud olid äärmiselt tõhusad takistamaks maltspuidul sinetuse tekkimist vähemalt üheksaks kuuks. Männikasvudest tehtud õli saaduseid, mis sisaldavad sarnaseid keemilisi ühendeid ja tõrjuvad puidusinet on välja töötatud. (Vanneste *et al.* 2002)

Efektiivseimaks ja praktilisemaks meetodiks puidu kaitsel on kas antiseptimine või konserveerimine. Nende meetodite eesmärgiks on tappa mikroorganismid toksiliste ainete puitu viimisega või luua nende eluks ebasoodne keskkond. Antiseptimine tagab puidule lühiajalise kaitse seenkahjustuste eest ning konserveerimine tagab pikaajalise kaitse bioloogiliste kahjustuste eest (Reiska 2010).

## 1.5. Hariliku kuuse ja hariliku männi immutamine

Männipuit kui ka kuusepuit omavad suurt majanduslikku tähtsust ning laialdast kasutust tööstuses. Harilik mänd on Eesti metsades suurimal pindalal kasvav puuliik. Männi enamusega puistud katavad erametsamaast 22,9% ja riigimetsas 41,1%. Harilik kuusk on kase järel kolmandal kohal. Kuuse enamusega puistud katavad erametsamaast 14,7% ja riigimetsas 19,8%. Metsa tagavara jagunemisel puuliigiti moodustab mänd 29% ja kuusk 24%. Keskmiseks hektaritagavaraks on männipuistul 250 m<sup>3</sup>/ha ja kuusel 247 m<sup>3</sup>/ha (Aastaraamat Mets 2016).

Põhja-Euroopas kasutataval kuuse kui ka männipuidul esinevad kõik enamlevinud puidus värvimuutuseid tekitavad seene perekonnad, need on *Ceratocystis*, *Ophiostoma* ning *Ceratocystiopsis*. Suurbritannias tehtud uuring näitab, et sinetusseentesse nakatub enim keerdokkalise ning hariliku männi puit võrreldes kuuse ja lehise puiduga. Seda selgitatakse madalama fenooli ühendite kontsentratsiooniga männi maltspuidus (Beal *et al.* 2010). Norras tehtud uuringud näitavad kuuse puidul agressiivsemat puidusinetust tekitavat liiki *Ceratocystis polonica*. Seda seeneliiki levitavad mitmed tuntud putukkahjurid nagu kuuse- kooreürask (*Ips typographus*). Seene ja kuuse- kooreüraski koostööl tekitatakse suuri kahjusid hariliku kuuse puistutele kui ka kuusepuidu kvaliteedile. Seene tüvi kantakse edasi putukkahjuri kehapiinal või siis isendi seedekulglas. Seen põhjustab ka kuuskede hukkumist (Krokene, Solheim 2001).

Mänd on lülipuiduline okaspuuliik, lülipuit on vastupidav ja stabiilne ning suure vaigusisaldusega. Männi lülipuitu on puidukaitsevahenditega keerulisem töödelda. Töötlemiseks immutamisel sobib maltspuit paremini kui lülipuit. Maltspuit sobib paremini, kuna männipuidu rakuseinad on sellise ehitusega, mis lasevad immutusainel tungida kõige sügavamale. Puidu niiskus peaks olema alla 28%, kui tahetakse puitu immutada, et vesi ei takistaks immutusaine imendumist puitu. (Pikk, Kask 2014)

Keeruline on maltspuidu läbiimbumist hinnata siis kui immutusainele on lisatud pruuni värvainet. Kuusepuidu immutamine on männipuidust palju raskem, Põhjamaade puiduimmutajate standard ei anna nõudeid kuusepuidu immutamisele, kuna mänd on hästi



kättesaadav ja kuuse jaoks eritehnoloogiad kasutada ei oleks otstarbekas (Riistop 2010). Kuusel on väike vastupidavus mädanikele ja putukkahjustustele, vähem tundlik on kuusepuit aga sinetus- ja hallitusseentele. Tava surveimmutusega on kuusepuitu raskem töödelda. (Saarman, Veibri 2006)

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolevas magistritöös on teostatud uuring laboratoorsetes tingimustes. Kasutatavaks materjaliks oli hariliku kuuse puit. Puuliigi valik tulenes sellest, et kuusepuit on hinnaline ja oluline ehitusmaterjal. Puitu kahjustavad mõlemad seened: *Alternaria alternata* ja *Ophiostoma piceae*. Katsekehasid töödeldi puiduimmutusvahenditega: Mögel-Fri, Boracol 10-2BD ja puidu antiseptiku RP Wood-ga.

### 2.1. Preparaatide tutvustus

Puiduimmuti Mögel-Fri (Joonis 2-1) on tõhus vahend hallituse, sine ja seeneeoste vastu. Sobib kasutamiseks mitmesugustel pindadel. Toimib pööningutel, vundamendil, keldrites, seintel ja hoone taladel. Pinna töötlemisel nimetatud vahendiga kaob väline seene pealiskasv otsekohe ning pind omandab pikaajalise toimega kaitse. Kaitsevahend on lahusena valmis kohe kasutamiseks. Vahendi omaduseks on jääda aktiivsena töödeldava materjali pinnale ehk see ei mõjuta materjalis toimuvaid protsesse nagu näiteks mädanikku ja majaseent. Sobib kasutamiseks ka pinna ennetavaks töötlemiseks ja annab pinnale pikaajalise kaitse (Mögel-Fri toote tutvustus 2018).

Boracol 10-2BD (Joonis 2-2) on sügavimbuv puidukaitsevahend, mis sobib hallituste, puidusine, vetikate ja samblike hävitamiseks ja ennetamiseks puitmaterjalis. Kasutuskohadeks on siseruumid, palkmajad, jahitekid, terrassid, katused ja aiamööbel. Vahendit kasutatakse lahjendamata ning oluline on jälgida, et puit oleks piisavalt niiske 15-28 %. Puidupoorid peavad olema avatud. Enne töötlemist tuleb pinnad mehhaaniliselt puhastada. Boracol 10-2Bd on lõhnatu ja töödeldud pind värvi ei muuda (Boracol 10-2BD toote tutvustus 2018).

Puidu antiseptik RP Wood (Joonis 2-3) sobib kasutamiseks puiduelementide ja ehitiste (katusekonstruktsioonid ja hoonete tarindid) kaitseks sise- ja välistingimustes, ilma vahetu kestvusega kokkupuuteta pindadele (katuselauad, puuhooned, püstpiirded). Kaitseb puitu

mädanikku tekitavate seente, sinetuse, hallituse ja puidukahjurite eest. Siseruumides peaks kaitse kestma kogu hoone kasutusea jooksul. Väljas soovitatakse kontrollida immutatud pinda iga 10 aasta järel (RP Wood toote tutvustus ).



**Joonis 2.** Töös testitud keemilised puidukaitsevahenditeks olid Mögel- Fri, Boracol ja RP Wood.

Töös kasutatavad puidukaitsevahendid on valitud kahel põhjusel:

1. Toode peab olema tarbijale lihtsasti kättesaadav;
2. Toode peab olema värvitu, et ta ei peidaks uuritavaid seeni.

## 2.2. Katsekehade valmistamine

Töös kasutamiseks saeti toorest kuuse palgist eraldi küspuidu ja maltspuidu katsekehad. Katsekehades ei esinenud seenhaiguseid ega muid märgatavaid kahjustusi. Katsekehade suurus valiti vastavalt Petri tasside suurusele ja mahutavusele. Töös kasutati 324 katsekeha,

mille mõõtudeks enne kuivatamist oli 30×30×10 mm, mis mahtusid kokku 108 Petri tassi. Erinevate seente vohamise vältimiseks tuli asetada märjad katsekehad edasise töötlemiseni sügavkülma, temperatuuril -10 °C. Järgnevalt asetati üks osa katsekehadest kaheks ööpäevaks kuivatuskappi (Memmert ULE-500) temperatuuriga 65 °C, kus need kuivatati absoluutkuivaks.

Teine osa katsekehi asetati kaheks ööpäevaks kliimakappi (Memmert CTC 256) temperatuuriga 60 °C ja niiskusega 90%. Antud kuivatusprotseduur vastab järgmistele kuivatusprotseduuri nõuetele: "Puidu kuivatamise ja puidukuivatis kuivatatud puidust toodete valmistamise nõuded ja vastavusmärgi vorminõuded" (Riigi Teataja 22.10.2006) määruse poolt seatud kuivatusprotseduuri nõuetele (Taimekaitseseadus 2014) "Kuumtöödeldava puidu südamikus peab kuivatusprotseduuri käigus olema temperatuur 56 °C vähemalt 30 minuti vältel. Selleks peab puidukuivati kambri temperatuuriks olema tehniliselt võimalik saavutada vähemalt 60 °C " (Taimekaitseseadus 2014).

Enne immutamist katsekehad kaaluti kaaluga (KERN EW), mõõtetäpsus 0,01 g ning pärast immutamist kaalumist korrati. Kaalumise tulemusel arvutati välja keskmine immutusvahendi kogus katsekehas. (Tabel 1). Katsekehade töötlemine kemikaalidega toimus tõmbekapis sissekastmise meetodil, 3 sekundi jooksul, ning sellele järgnes katsekehade kuivamine 3 ööpäeva jooksul.

**Tabel 1.** Keskmine puiduimmuti kogus katsekehas (KP-küpspuit; MP-maltspuit)

Puiduimmuti	Keskmine kogus katsekehas KP (g) katsekeha kohta	Keskmine kogus katsekehas MP (g) katsekeha kohta
Mögel-Fri	0.19	0.21
Boracol	0.18	0.15
RP Wood	0.16	0.12

Katsekehade keskmiseks niiskusesisalduseks oli maltspuidul 15,5 % ja küpspuidul 14,7 %. Katsekehade transpordiks kasutati spetsiaalseid steriilseid kilekotte ning piiritusega käitlemisel desinfitseeritud kindaid.

## **2.3. Katse käik**

### **2.3.1. Katsekehade ettevalmistamine**

Katsekehad jaotati kaheksateistkümmesse erinevasse katsekategooriasse, eraldi nii malts- kui ka küpsput (Tabel 2). Kahe erineva seene jaoks 72 Petri tassi. Testiti eraldi kombinatsioonides kuivatatud, kuumutatud ja toorest puitu ning kolme keemilise koostisega puidukaitsevahendit. Kontrollina kasutati toore puidu katsekehi, mida eelnevalt ei töödeldud ega kuivatatud.

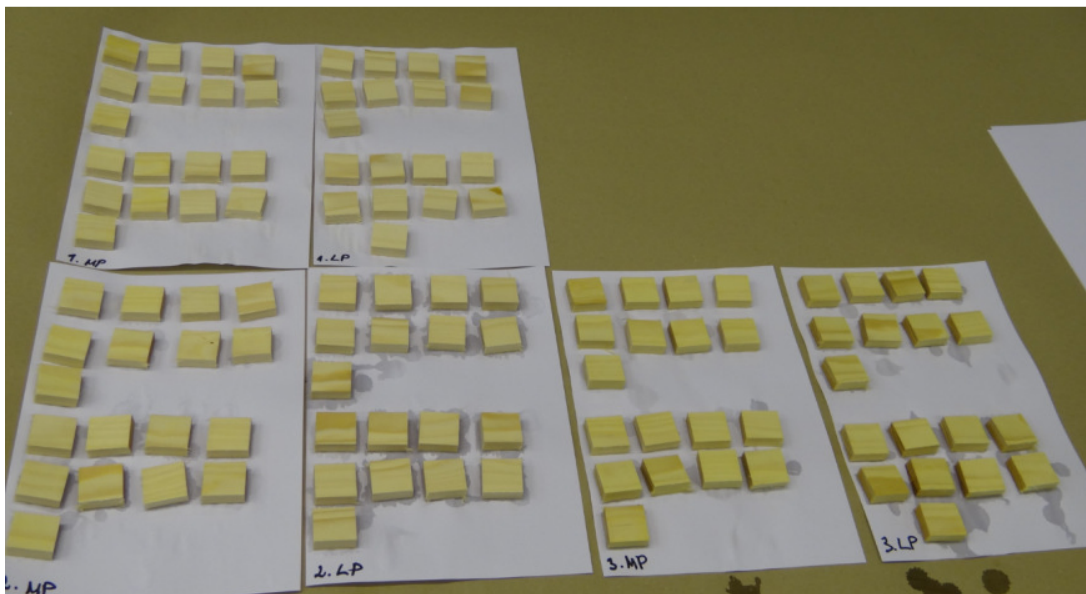
Eeldati, et nendel katsekehadel hakkavad levima seened, millega puit ümbritsevas keskkonnas nakatunud on. Teiseks kontrolliks kasutati katsekehi, mida oli eelnevalt kuivatatud, kuid mitte immutatud. Kolmandaks kasutati kontrollina katsekehi, mis olid immutatud ja kuumutatud. Kontrollid olid algselt kõik ilma seenetüveta. Kontrolli eesmärgiks on näidata, et puit on eelnevalt vaba sinetusseente nakkusest ning näitab ka kuivatamise ja kuumutamise mõju väliste juhuslike seente elutegevusele.

Kontrollide jaoks oli 36 Petri tassi. Kontroll Petri tassid jäeti tõmbekapi alla 3 nädalaks. Kontrollile oli vaja tõmbekapis hoida, vältimaks saastet ümbritsevast keskkonnast. Kontrollidele asetati katsekehad seenetüvega Petri tassidega samal ajal.

**Tabel 2.** Erinevad sinetusseente (*Alternaria alternata* ja *Ophiostoma piceae*) testimise katsevariandid

Katse grupp	Katsevariant	Küpspuit (Katsekehade arv, tk)	Maltspuit (Katsekehade arv, tk)
1	Puiduimmuti MÖGEL-FRI + <i>A.alternata</i>	9	9
2	Puiduimmuti BORACOL + <i>A.alternata</i>	9	9
3	Puiduimmuti RP WOOD + <i>A.alternata</i>	9	9
4	Toores puit + <i>A.alternata</i>	9	9
5	Kuivatatud puit + <i>A.alternata</i>	9	9
6	Kuumutatud puit + <i>A.alternata</i>	9	9
7	Kontroll toores puit	9	9
8	Kontroll kuivatatud puit	9	9
9	Kontroll kuumutatud puit	9	9
10	Puiduimmuti MÖGEL-FRI + <i>O. piceae</i>	9	9
11	Puiduimmuti BORACOL + <i>O. piceae</i>	9	9
12	Puiduimmuti RP WOOD + <i>O. piceae</i>	9	9
13	Toores puit + <i>O. piceae</i>	9	9
14	Kuivatatud puit + <i>O. piceae</i>	9	9
15	Kuumutatud puit + <i>O. piceae</i>	9	9
16	Kontroll toores puit	9	9
17	Kontroll kuivatatud puit	9	9
18	Kontroll kuumutatud puit	9	9
		Kokku	324 tk

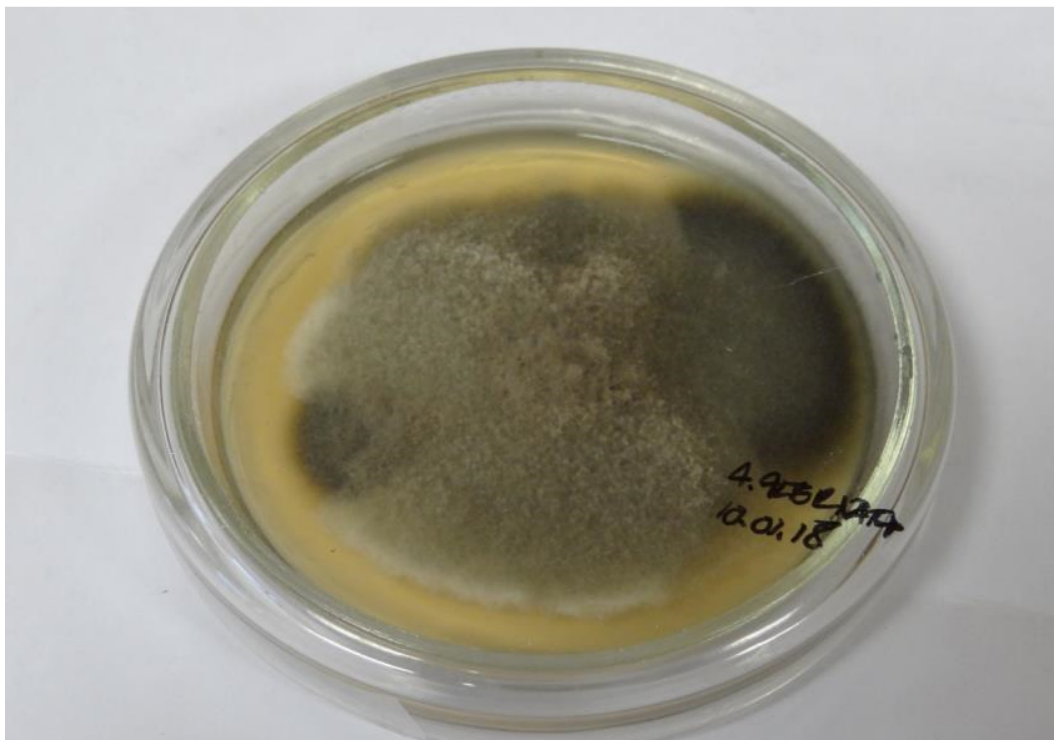
Iga katsekategooria jaoks oli 3 Petri tassi nii malts- kui ka küpspuidu jaoks eraldi ja igas tassis oli kolm katsekeha. Pärast katsekehade kuivatamist töödeldi 6 gruppi puidukaitsevahendiga (Joonis 3), mille eesmärgiks oli välja selgitada preparaaside kaitsevõime *A. alternata* kui ka *O. piceae* arengule.



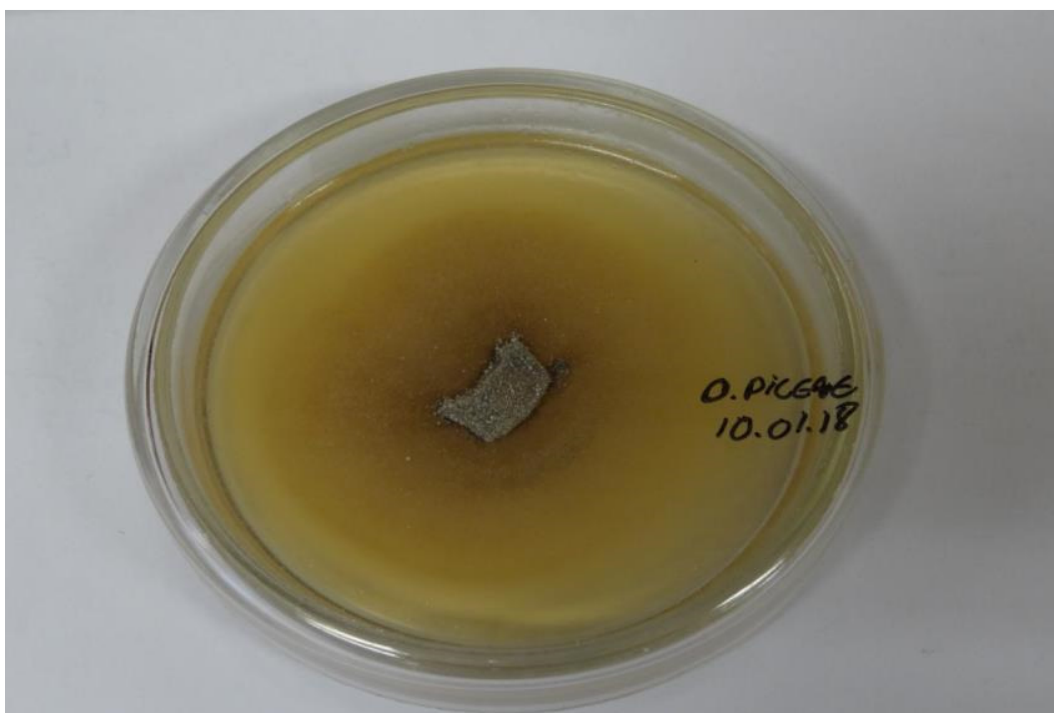
**Joonis 3.** Puidukaitsevahenditega töödeldud malts- ja küpspuidu katsekehad immutamisesest kuivamas.

### 2.3.2. Sinetuse tekitajate ettevalmistamine Petri tassidesse

Töid teostati laminaarkapi all, vältimaks katsekehade saastumist juhuslike mikroorganismidega. Kõigepealt toimus Petri tasside ettevalmistamine, mis steriliseeriti eelnevalt autoklaavis 1.2 atm juures, temperatuuril 106 °C (TUTTNAUER 3850 EL, Iisrael). Järgnevas etapiks oli seenesöötme valmistamine. Virdeagar koosnes 4 liitrist veest, 80 grammist Malt-Extractist ja 56 grammist Agar Technicalist. Valmistatud virdeagar autoklaaviti 60 minutit 1.2 atm juures. Järgnevas valati kuum seenesööde (2% virdeagar) Petri tassidesse. Söötmele lasti jahtuda ning seejärel külvati söötmele *A. alternata* ja *O. piceae* kontrollitud tüved. Seened lasti kasvada puhassöötmele 2 nädalat enne katsekehade asetamist Petri tassidesse. Katse alguseks olid seened hõivanud enamuse Petri tasside söötme pinnast (Joonis 4 ja Joonis 5). Piiritusega desinfitseeriti latekskindad ja kõik katsekehadega kokku puutuvad pinnad. Katsekehad asetati Petri tassidesse ja suleti parafilmiga.



**Joonis 4.** *A. alternata* areng söötmel enne katsekehade asetamist Petri tassi.



**Joonis 5.** *O. piceae* areng söötmel enne katsekehade asetamist Petri tassi.

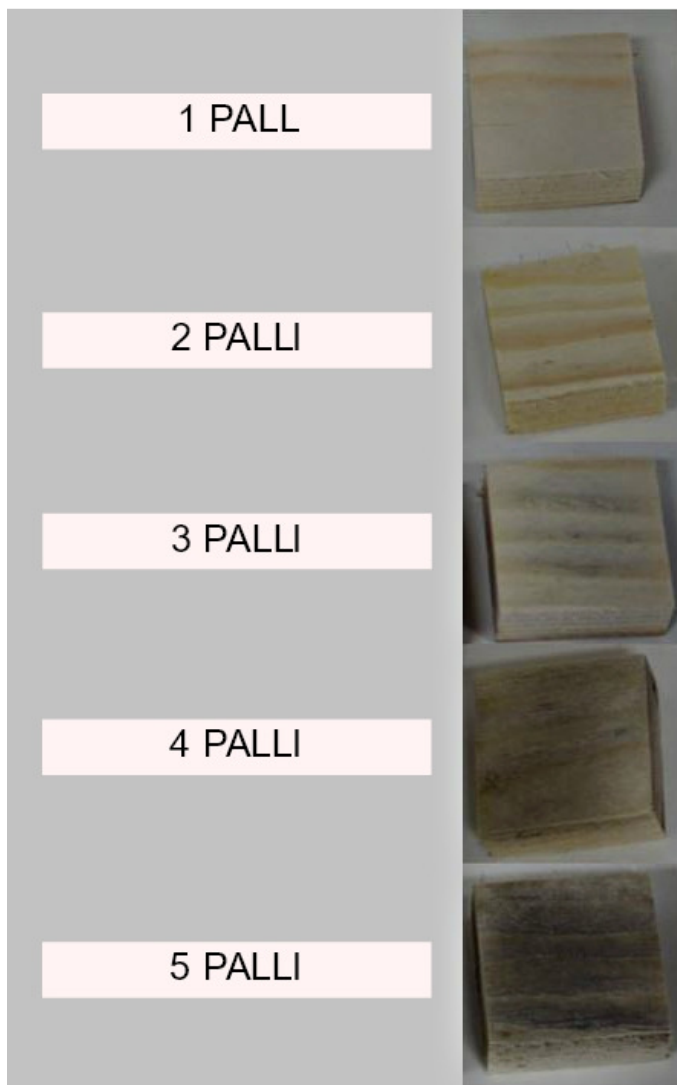


Katsetulemusi hinnati visuaalselt ehk kui palju on sinetust puidupinnal. Võrdlemise alusmaterjaliks võeti täiesti töötlemata terve puidu värvus ning vastavalt puidu värvimuutustele anti hinnang 5-palli süsteemis. Hinne 1 tähendab mitte mingit värvi muutust võrreldes terve puiduga ja hinne 5 tähendab läbivalt sinist värvust (vt. Tabel 3).

**Tabel 3.** Puidu värvimuutuste visuaalse hindamise kriteeriumid (Käkki 2014 järgi)

Pallid	Värvimuutus
1.	Puidus värvi muutusi ei esinenud võrreldes terve puiduga
2.	Värvimuutusi esines puidus täpikestena ja hajusalt
3.	Värvimuutusi oli puidus ühtlaselt tumedamate laikudena, kuid ei katnud läbivalt vaadeldavat pinda.
4.	Värvimuutused olid ühtlased, kuid toonilt heledamad.
5.	Puit oli värvuselt muutunud läbivalt siniseks.

Seente arengu jälgimist alustati 7 päeva möödudes katse algusest, s.o katsekehade asetamisest Petri tassidesse *A. alternata* ja *O. piceae* puhaskultuuridele. Visuaalset hinnangut korrati iga nädal kahe kuu jooksul. Seega tuli kokku 8 pildistamise ja dokumenteerimise korda, kuhu lisandus veel üheksas kord, kui katsekehad lõigati lahti, hindamaks puidusinetuse ulatust ja levikut puidus. *Alternaria alternata* puhul esines kahjustus kõikidel 5 skaalal (Joonis 6).



**Joonis 6.** Pindmisel visuaalsel hindamisel *Alternaria alternata* mõju katsekehadele.

*O. piceae* puhul on välja toodud 4 hindamise kriteeriumit (Tabel 3), kuna sellist värvimuutust, kus puit oli muutunud läbivalt mustaks ei esinenud (Joonis 7) seene aeglasema arengu tõttu.



**Joonis 7.** *O. piceae* pindmised hindamiskriteeriumid.

Lõhestatud katsekehad skaneeriti skanneriga ( EPSON PERFECTION V700 PHOTO). Lõhestatud katsekehade puhul kasutati puidu sisemise osa sine ulatuse ja leviku pindala määramiseks vabavara pildi programmi Image J, mis eelnevalt kalibreeriti ning millega määrati sine pindala puidus pikslite hulga abil (Joonis 8).



**Joonis 8.** Pilditöötlus programmiga Image J määratud sine ulatus (pildil üleval) lõhestatud ja Mögel-Friga immutatud katsekehal.

Puidusine osakaal leiti sine pindala klotsi pindalasse, kus võeti katsekeha pindalaks 100%, see korrutati katsekehal (Image J programmiga) leitud sine osakaaluga  $\text{mm}^2$  ning jagati katsekeha (ristkülik =  $a \times b$ ) pindalaga. Andmete töötlemiseks kasutati Microsoft Excelit. Puidusine osakaalude erinevused leiti R-Studio keskkonnas Wilcoxon'i testiga, millega võrreldi statistilisi erinevusi katsevariantide vahel. Kui p-väärtus jääb testis alla 0,05 siis on erinevus katsevariantide vahel tõestatud. Wilcoxon'i testis kasutatakse otseste mõõtmistulemuste asemel hoopis astakuid. Kahest või mitmest valimist tehakse ühine variatsioonirida. Sellisel meetodil saadud valimite astakute summasid nimetatakse Wilcoxon'i statistikuteks (Iher 2005).

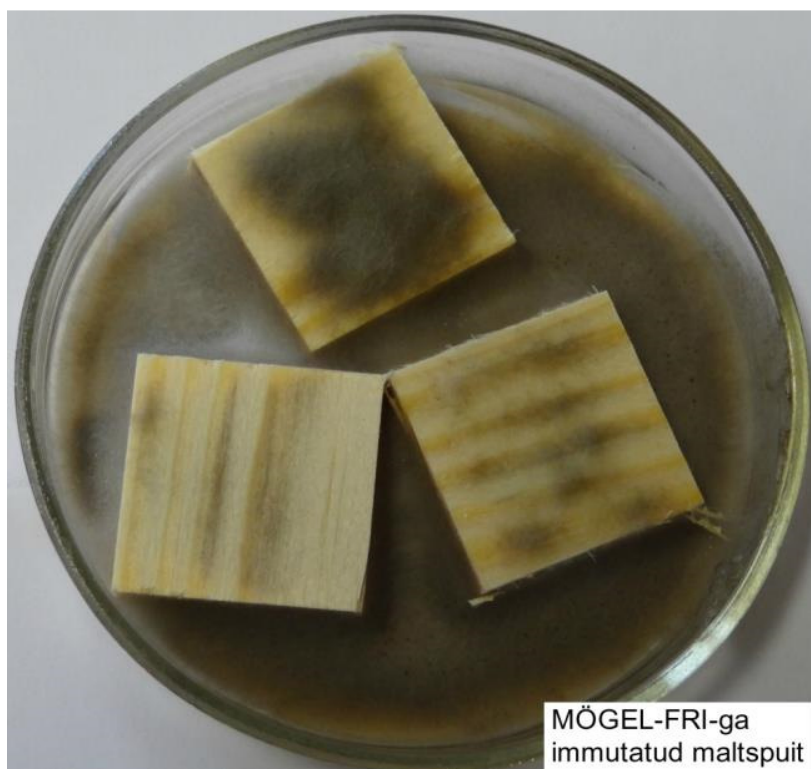
### 3. TULEMUSED

#### 3.1. Tõrjevahenditega immutatud katsekehade puidusinetuse visuaalsed hinnangud puidu pinnal

##### 3.1.1. MÖGEL-FRI

Esimese nädala möödudes, polnud immutatud katsekehadel sinetusega nakatumist malts- ja küspuidu osadel märgata. Kahe nädala pärast tehtud vaatluste tulemusel oli *Alternaria*-ga nakatatud ühel Petri tassis oleval maltspuidu katsekehal õrn sinetus näha. Kolme nädala pärast tehtud vaatlused näitavad *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel sinetuse olemasolu kahes Petri tassis. Seenega nakatumine oli maltspuidu katsekehadel hajusalt, ega katnud läbivalt vaadeldavat pinda, küspuit nakatunud polnud. *O. piceae*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel kõigis kolmes Petri tassis oli märgata sinetuse olemasolu, kuid see oli hajusalt ning ei katnud läbivalt vaadeldavat pinda, samal ajal küspuit nakatunud polnud. Nelja nädala möödudes oli *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel kahes Petri tassis näha värvuse tumenemist, kuid siiski ei katnud need vaadeldavat pinda. *Ophiostoma*-ga olid intensiivsemalt nakatunud maltspuidu katsekehad kõigis kolmes Petri tassis, märgata laikude tumenemist ja selgemat olemasolu. Mõlema tekitaja puhul küspuidul nakatumist märgata polnud. Viie nädala möödudes pole mõlema seene puhul märgata sinetusega intensiivsemat nakatumist. Kuue nädala pärast tehtud vaatluste tulemusel pole katsekehad sinetusega rohkem nakatunud. Küspuidul pole sinetuse olemasolu märgata. Seitsmenda nädala möödudes oli näha *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel värvuse ja laikude tumenemist, katab nähtavalt puidupinda, kuid mitte läbivalt. Küspuidul sinetust märgata polnud. *Ophiostoma picea* puhul oli samuti märgata sinetuse triipude ja laikude värvuse tumenemist maltspuidu katsekehadel, kuid läbivalt see katsekehasid ei katnud. Küspuidul üksikutel katsekehadel märgata õrn sinetusega nakatumine. Kaheksanda nädala möödudes ehk nädal enne katsekehade lahti lõikamist välise vaatluse põhjal hinnati katsekehi visuaalselt vastavalt

hindamise kriteeriumitele (Tabel 3 ja Tabel 4). Mögel-Fri puidukaitsevahendiga immutatud maltspuit oli *A. alternataga* nakatunud laiguti, see ei katnud vaadeldavat pinda täielikult (Joonis 9), küpspuit (Joonis 10) oli nakatumata.



**Joonis 9.** Mögel-Fri-ga töödeldud maltspuidu katsekehadel oli *Alternaria alternata*-ga nakatumine laikudena 8. nädalal.





MÖGEL- FRI-ga  
immutatud küspuit

**Joonis 10.** Puidukaitsevahendiga Mögel-fri immutatud küspuidu katsekehadel pole *Alternaria*-ga nakatumist näha.

Kaheksanda nädala möödudes *O.piceae*-ga nakatunud maltspuit tumedate triipude ja laikudena (Joonis 11), küspuit (Joonis 12) on nakatunud hajusalt ja õrnalt.



MÖGEL-FRI-ga  
immutatud maltspuit

**Joonis 11.** Mögel-Fri-ga immutatud ja *O.piceae*-ga nakatunud tumedate triipudena ja laikudena maltspuidu katsekehad 8. nädalal.



**Joonis 12.** *O. piceae*-ga hajusalt nakatunud kõõspuidu katsekehad 8. nädalal.

### 3.1.2. BORACOL

Esimese nädala möödudes pole näha sinetusega nakatumist immutatud katsekehadel. Kahe nädala pärast pole sinetusega nakatumist märgata katsekehadel. Kolme nädala möödudes polnud immutatud katsekehadel sinetusega nakatumist märgata. Nelja nädal pärast pole sinetusega nakatumist näha ei malts ega kõõspuidu katsekehadel. Viienda nädala möödudes oli *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel nähtav õrn ja hajus sine. Õrn sine oli märgata ühes kõõspuidu Petri tassis oleval katsekehal. *Ophiostoma*-ga nakatatud malts- ja kõõspuidu katsekehadel sinetust pole. Kuuenda nädala pärast pole sinetuse intensiivistumist märgata. Seitsmenda nädala pärast oli *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel nähtav õrn ja hajus sinetus muutunud tumedamaks. *Ophiostoma*-ga nakatatud malts- ja kõõspuidu katsekehadel sinetust polnud. Kaheksandal katsenädalal olid immutatud katsekehad ja *Alternaria*-ga nakatunud katsekehad põhiliselt hajusalt nakatunud, üksikute tumedamate laikudena (Joonis 13). Kõõspuidu puhul oli märgata ühel katsekehal ühes Petri tassis õrn sinetunud ala (Joonis 14).





**Joonis 13.** Boracoli-ga immutatud maltspuidu katsekehadel nähtav *Alternaria alternata*-ga nakatumine 8. nädalal.



**Joonis 14.** Boracoli-ga immutatud küpspuidul *Alternaria alternata*-ga nakatatud katsekehal oli märgata üksik sinetuse laik 8. nädalal.

Kaheksandal nädalal *Ophiostoma*-ga nakatatud malts- ja küpspuidu katsekehadel sinetusega nakatumist polnud märgata (Joonis 15 ja 16).



**Joonis 15.** Boracoli-ga immutatud maltspuidu katsekehad *O. piceae*-ga pole nakatunud.



**Joonis 16.** Boracoli-ga immutatud küpspuidu katsekehad *O. piceae*-ga nakatunud pole.

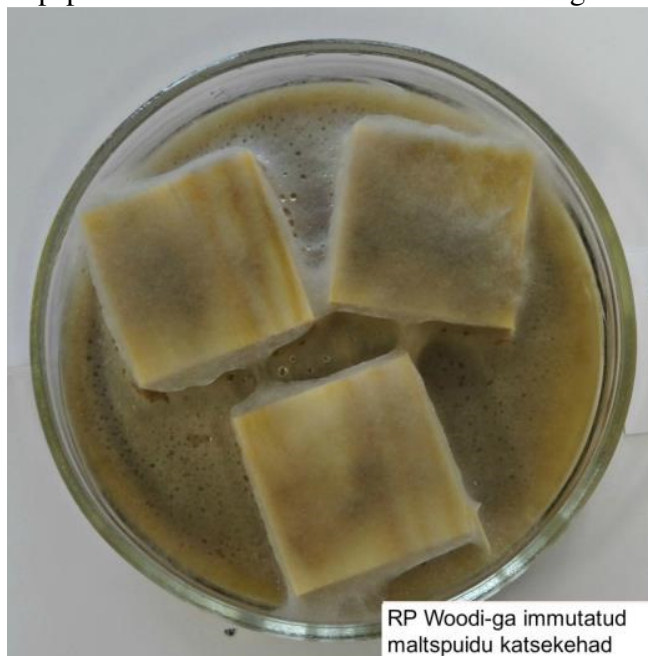
### 3.1.3. RP WOOD

Esimese nädala möödudes hinnang katsekehadele näitab, et pole sinetusega nakatumist näha. Teine hinnang, mis toimus nädala pärast näitas *Alternaria*-ga nakatumist maltspuidu katsekehadel. Sinetus oli näha ühes maltspuidu Petri tassis oleval kolmel katsekehal, sinetuse värvus oli heledamate laikudena ning ei kata läbivalt vaadeldavat pinda. Küpspuit oli nakatumata. *Ophiostoma piceae*-ga nakatatud katsekehadel sinetus teise nädala möödudes pole märgata. Kolme nädal pärast oli *Alternaria*-ga nakatatud ja kaitsevahendiga immutatud maltspuidu katsekehadel kolmes Petri tassis märgata puidusine laikude intensiivsemat teket ja tumenemist. Küpspuit nimetatud kategoorial oli nakatumata. *O. piceae*-ga nakatatud katsekehadel muutusi toimunud pole. Nelja nädala möödudes oli märgata immutatud ja *Alternaria*-ga nakatud katsekehadel Petri tassides sinetuse intensiivistumist. Ühes Petri tassis olevad katsekehad olid muutunud läbivalt tumedaks, teistes jällegi oli sinetuse laigud tumenenud ja suurenenud, kuid ei katnud pinda läbivalt. Küpspuidul sinetuse teket pole näha. *Ophiostoma*-ga nakatatud katsekehadel sinetuse teket pole. Viie nädala pärast oli *Alternaria*-ga nakatud maltspuidu katsekehade teistes Petri tassides näha sinetuse intensiivistumist, kuid kõigis tassides ei katnud see läbivalt katsekehade pinda. Küpspuidul nimetatud kategoorial oli näha õrnad üksikud värvusemuutused. *Ophiostoma*-ga nakatatud maltspuidu katsekehade ühes Petri tassis oleval ühel katsekehal oli märgata viie nädala möödudes esimesed sinetuse põhjustatud värvimuutused. Teistes Petri tassides sinetust märgata pole. Küpspuidul nimetatud kategoorial sinetust märgata polnud. Kuuenda nädala möödudes polnud *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel sinetuse intensiivistumist märgata. Küpspuidu katsekehade puhul oli kõigis kolmes Petri tassis märgata sinetuse teket ja hajusaid värvimuutuseid. *Ophiostoma*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel pole samuti sinetuse intensiivistumist näha. Küpspuidul sinetust pole. Seitsme nädala pärast pole *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel sinetuse intensiivistumist märgata. Küpspuidul olevad sinetuse laigud olid tumenenud. *Ophiostoma*-ga nakatatud maltspuidu katsekehade ühes Petri tassis oleval ühel katsekehal oli sinetus tumenenud, küpspuit nimetatud kategoorial nakatunud pole.

Kaheksandal katsenädalal, oli näha, et küspuit oli nakatunud *Alternaria*-ga hajusalt, (Joonis 17) kuid maltspuit oli kohati nakatunud sinetusega pindmiselt läbivalt (Joonis 18).



**Joonis 17.** RP-Wood puidukaitsevahendiga immutatud ja *Alternaria alternata*-ga nakatatud küspuidu katsekehadel esinevad sinetuse laigud 8. katsenädalal.



**Joonis 18.** RP Wood puiduimmutig immutatud maltspuidu katsekehadel sinetuse esinemine 8. Katsenädalal

*Ophiostoma*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel 8. katsenädalal oli ühes Petri tassis ühel katsekehal märgata sinetuse teke (Joonis 19), küspuit seevastu oli täiesti nakatumata pindmisel vaatlusel (Joonis 20).

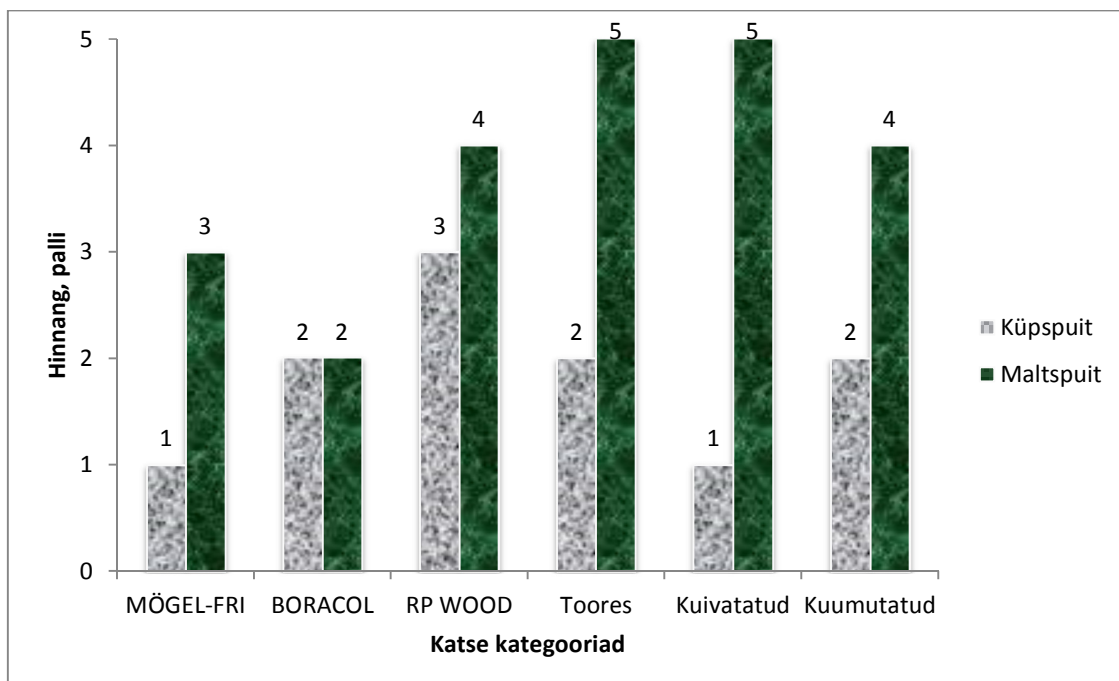


**Joonis 19.** RP Wood puidukaitsevahendiga immutatud ja *Ophiostoma piceae*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel olev üksik sinetuse laik.





**Joonis 20.** RP-Wood puidukaitsevahendiga immutatud ja *Ophiostoma piceae*-ga nakatatud küpspuidu katsekehadel puudus sinetust kaheksandal katsenädalal.



**Joonis 21.** Kaheksandal katsenädalal puidusinetuse *Alternaria alternata*-ga nakatumise hinnangud katsekehade pinnal toimunud värvimuutuste järgi.

#### 3.1.4. Kuumutatud, kuivatatud- ja toores puit

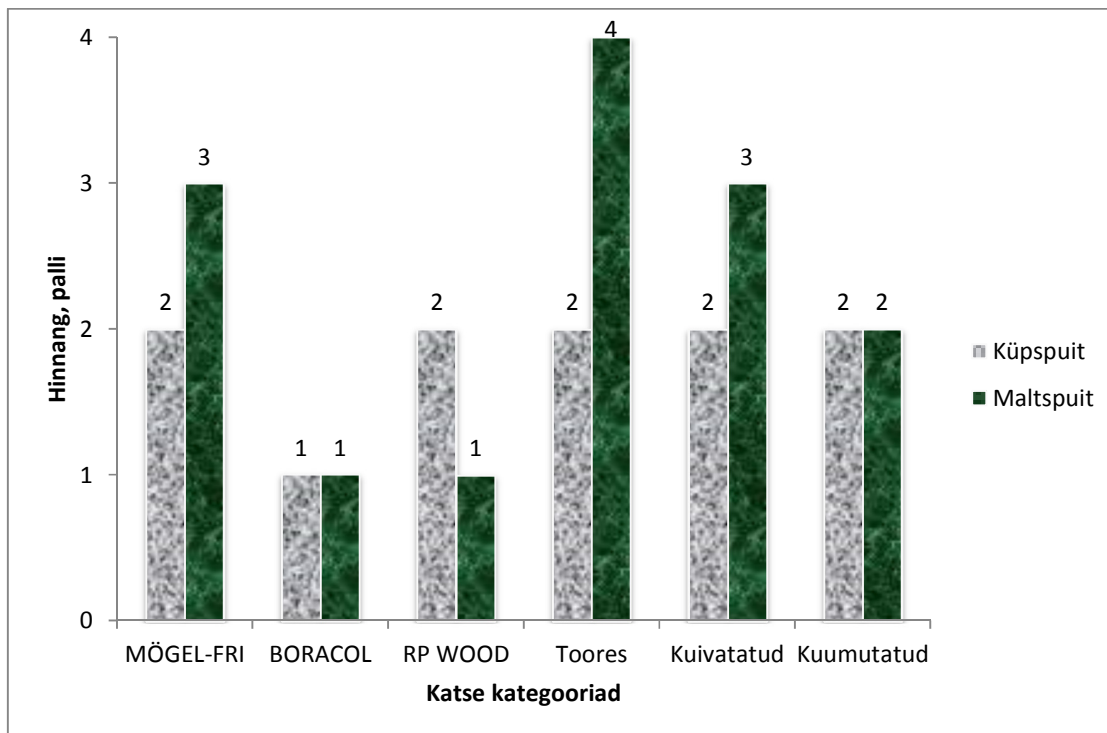
Esimese nädala järel kuumutatud puidu testimisel sinetust näha pole. Teisel nädalal *Alternaria*-ga nakatatud kuumutatud maltspuidu katsel oli märgata esimest sinetusega nakatumist, hajusate laikudena. Kuumutatud ja *Ophiostoma piceae*-ga nakatatud maltspuidul oli märgata sinetuse laikude teket, need olid hajusalt. Kuumutatud küpspuidul nimetatud kategoorial sinetuse teket märgata polnud. Kolmandal nädalal kuumutatud *Alternaria* maltspuidu testis oli märgata sinetuse intensiivistumist. Kuumutatud ja *O. piceae*-ga nakatatud maltspuidu katsel olid sinetuse laigud tumenenud, kuid need ei katnud vaadeldavat pinda. Nelja nädala järel olid kuumutatud küpspuidu katsel esimesed õrnad värvimuutused näha, väiksemate tumedamate laikudena. Kuue nädala möödudes *O. piceae* kuumutatud variandil oli sinetuse laike juurde tekkinud, kuid hajusalt. Seitsmendal nädalal kuumutatud *O. piceae* küpspuidu katsel olid sinetuse laigud tumenenud ning sagenenud. Kaheksandal nädalal *Alternaria* kuumutatud maltspuidu katsel oli sinetus laikudena ega katnud läbivalt pinda (Joonis 23). Küpspuidu testis oli näha üksik sinetuse laik, Petri tassis katsekehal (Joonis 23). Kuumutatud *O. piceae* variandil esines puidusinetus täpikestena ning hajusalt (Joonis 24). Kuumutatud küpspuidul olid sinetuse laigud tihedamalt (Joonis 24).

Esimese nädala järel kuivatatud maltspuidul selgelt näha sinetusega nakatumine *Alternaria* testiga. *O. piceae* variandis kuivatatud puidul sinetust pole. Teisel nädalal *Alternaria*-ga nakatatud kuiva puidu katsekehadel oli näha tumenemist laiguti. *O. piceae*-ga nakatatud kuivatatud puidu testis oli sine märgata hajusate üksikute laikudena. Küpspuidul sinetust polnud. Kolmandal nädalal *Alternaria*-ga nakatatud kuival puidul olid sine laigud maltspuidul muutunud ühtlasemaks, kuid ei katnud läbivalt pinda. Küpspuidul sine polnud. *O. piceae* kuivatatud maltspuidu testis olevatel katsekehadel olid sine laigud tumenenud. Nelja nädala järel *O. piceae*-ga kuivatatud maltspuidu katses olid sinetuse laigud tumenenud, kuid need olid hajusalt. Viiendal nädalal kuivatatud puidu *Alternaria* testis oli sinetus tumenenud maltspuidu katsekehadel. Kuivatatud *Ophiostoma* küpspuidu variandil oli ühes Petri tassis katsekehadel sinetuse laigud muutunud tumedamaks. Kuue nädala möödudes kuivatatud küpspuidu

*Ophiostoma* testis olid toimunud värvimuutused. Kaheksandal katsenädalal kuivatatud maltspuidu *Alternaria* testis kattis sinetus täielikult kahe Petri tassis oleva katsekeha pinna (Joonis 23). Küpspuidul sinetust polnud. *O. piceae* kuivatatud maltspuidu katsel oli sinetus ühtlasemate tumedate laikudena, kuid ei katnud vaadeldavat pinda (Joonis 24).

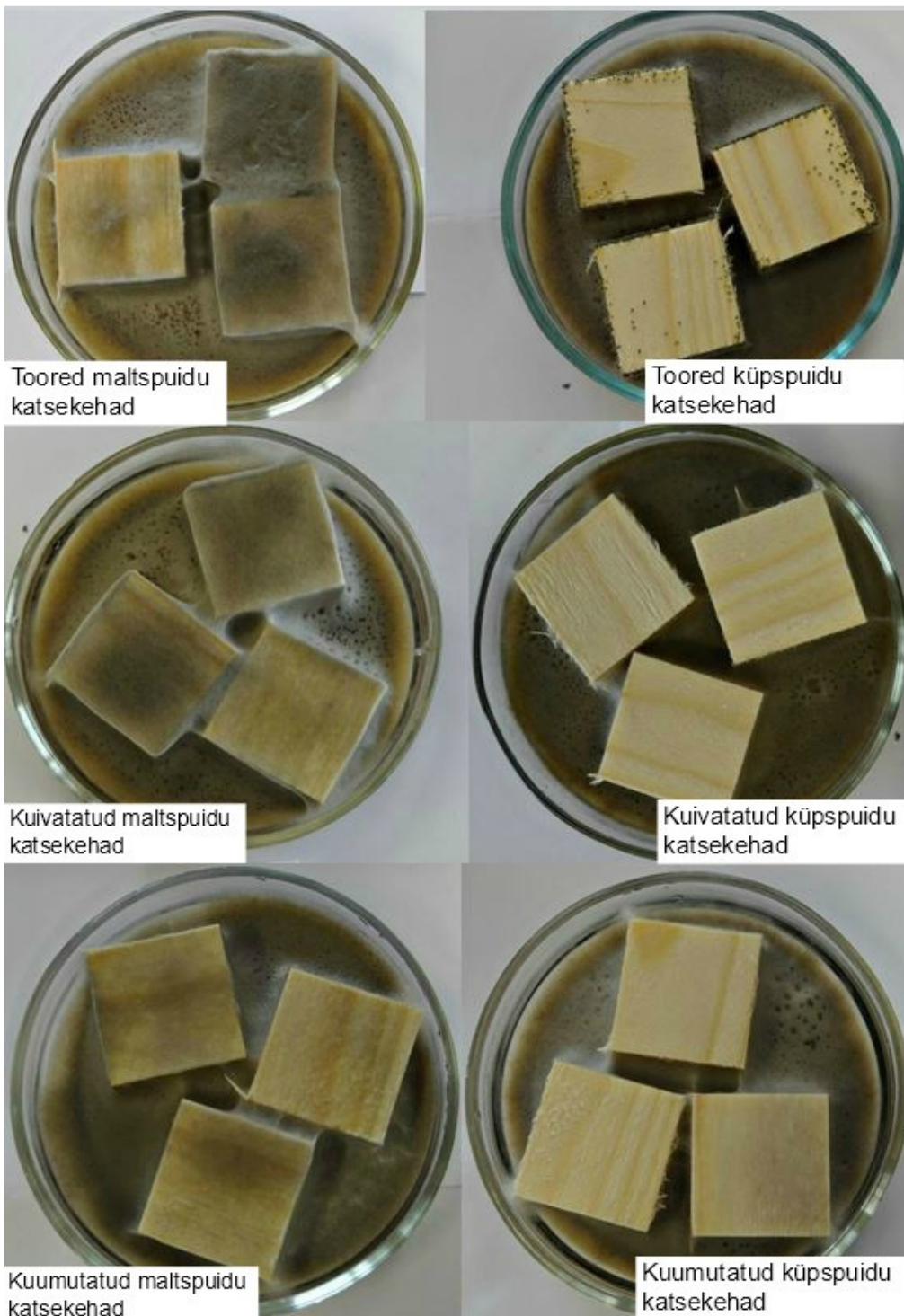
Esimesel nädalal oli toorel maltspuidul selgelt näha sinetusega nakatumine *Alternaria* testiga. *O. piceae* toore maltspuidu kategoorial oli samuti sinetus näha, hajusalt. Teisel nädalal *Alternaria* ja toore maltspuidu testis oli katsekehadel näha suurem sinetusega nakatumine. Sinetus võrreldes eelneva nädalaga oli muutunud tumedamaks. Küpspuidul sinetust näha polnud. *O. piceae*-ga nakatatud toorel maltspuidu katsekehadel oli samuti märgata värvuse tumenemist ning intensiivsemat sinetusega nakatumist, küpspuidul sinetust pole. Kolmandal nädalal *Alternaria* ja toore maltspuidu testis märgata sinetuse intensiivistumist, tumedamate laikudena. Küpspuidul sinetust polnud. *O. piceae* toorete katsekehade testis värvusemuutused olid tumenenud. Küpspuidul värvus polnud muutunud. Nelja nädala järel oli *Alternaria*-ga maltspuidu testis katsekehadel märgata osades Petri tassides sinetuse intensiivistumist. Mõnel katsekehal kattis see pinda läbivalt. Küpspuidul sinetust polnud. Viiendal nädalal oli toorel küpspuidul märgata hajus sinetus üksikute laikudena. Kuue nädala möödudes *O. piceae* toore küpspuidu katsel sinetuse laigud olid muutunud tumedamaks. Kaheksandal nädalal toorel *Alternaria* testil oli maltspuidul sinetus Petri tassides kõikidel katsekehadel, kahel katsekehal katab see pinda täielikult (Joonis 23). Toore küpspuidu variandil oli sinetus hajusalt ja väikeste laikudena (Joonis 23). Toorel *Ophiostoma piceae* katsel oli sinetus näha katsekehadel laikudena (Joonis 24).



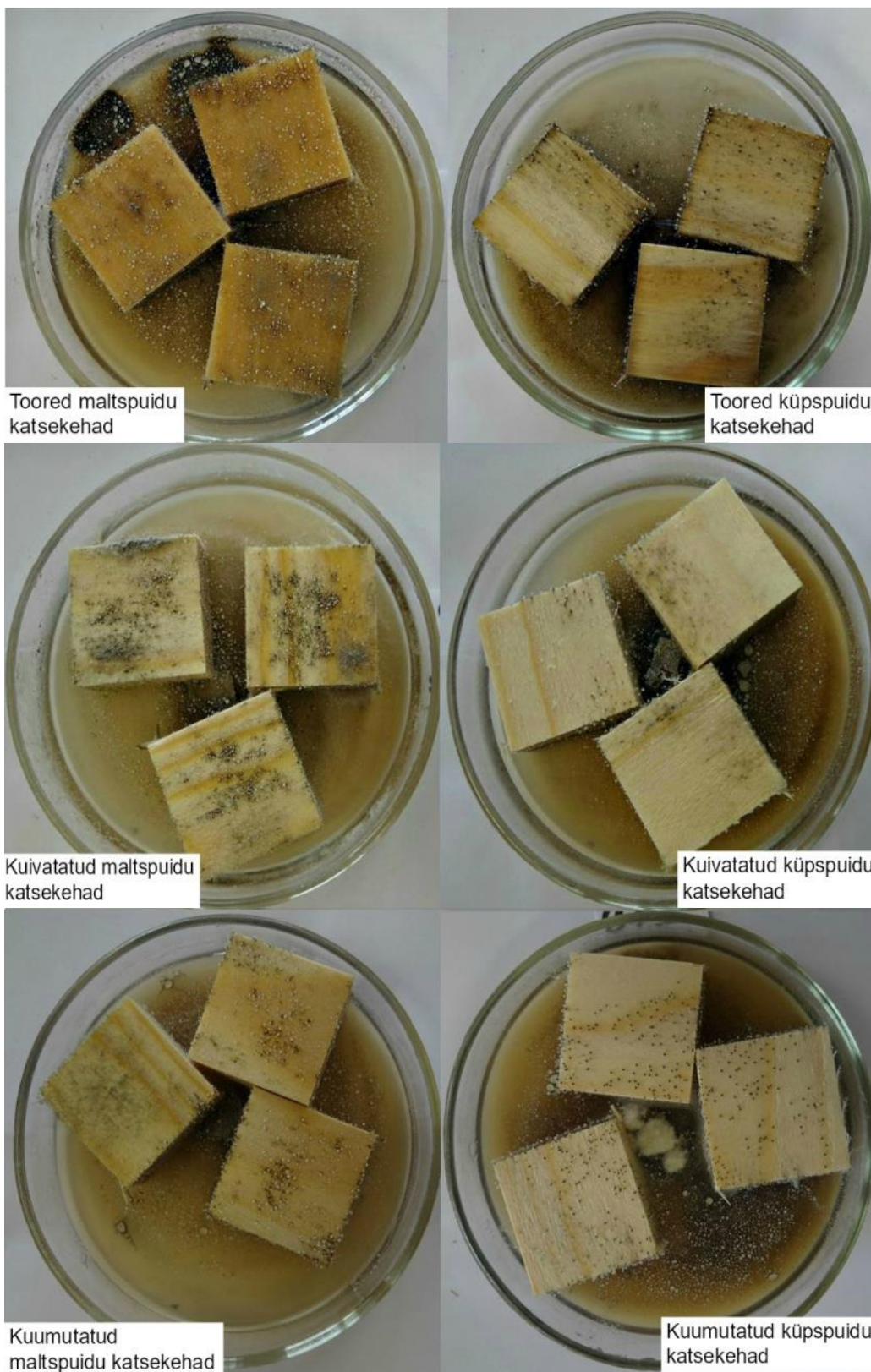


**Joonis 22.** *Ophiostoma piceae* kõpspuidule -ja maltspuidule pindmiselt ja visuaalselt antud hinnangud kaheksandal katsenädalal.

*O. piceae* visuaalselt antud hinnangute järgi oli pindmiselt kõige enam nakatunud toore puidu test seeläbi Mõgel-Fri, kuivatatud puit, kuumutatud puit, RP Wood ning Boracol.



**Joonis 23.** Toore, kuivatatud ja kuumutatud katsekategooriate malts- ja küpspuidul *Alternaria alternata* poolt tekitatud värvimuutuste esinemine kaheksandal katsenädalal.



**Joonis 24.** Toore, kuivatatud ja kuumutatud katsekategooriate malts- ja küpspuidul *Ophiostoma piceae* esinemine ja nähtavad värvimuutused 8. nädalal.



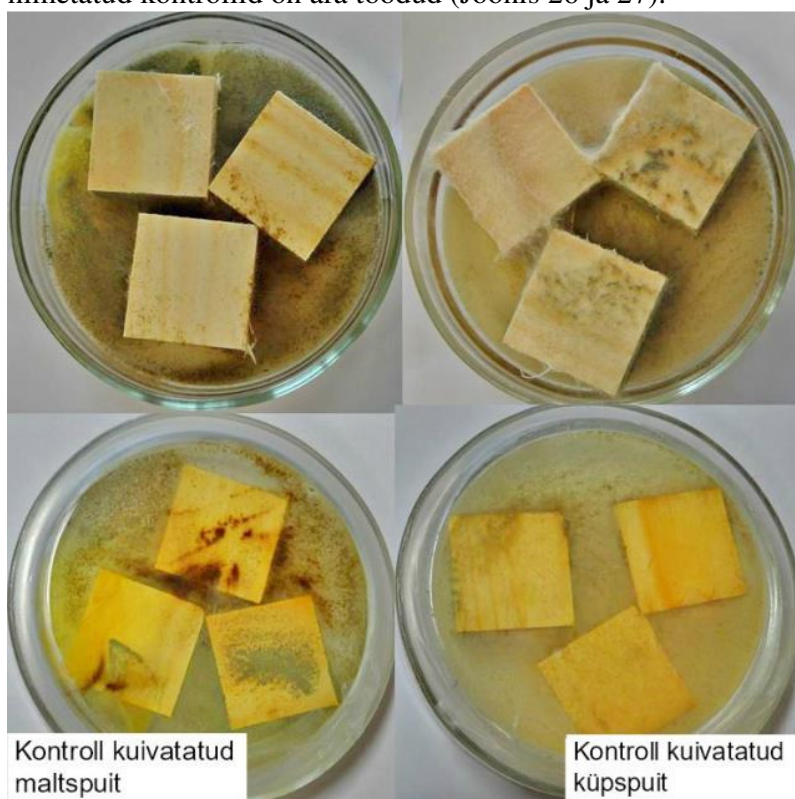
### 3.2. Kontroll katsekehad

Petri tassides olevatel kontroll katsekehadel ei olnud märgata sinetusseente arengut, kuid oli märgata hallitusseente ja bakterite arengut (Joonis 25). Kontroll Petri tassid tehti mõlema seene katsevariandi kohta eraldi. Peamiselt tuleneb kontrolli vajadus sellest, et kontrollida 65 °C juures katsekehade töötlemise efektiivsust ja oli näha, et mingid seened olid jäänud ellu. Ilmselt olid katsekehad transpordil kuumutuskapist laminaarkappi nakatunud. Olenemata sellest, et kontroll katsekehade transpordil kasutati steriilseid plastikkotte ning piiritusega desinfitseeritud kindaid. Analüüsitud tulemusi see ei mõjuta, kuna puidusinetust tekitavat seent ei leitud üheski kontrollist. Katsekehade sisemistest kihtidest ei leitud samuti sinetusseentele viitavaid tunnuseid.

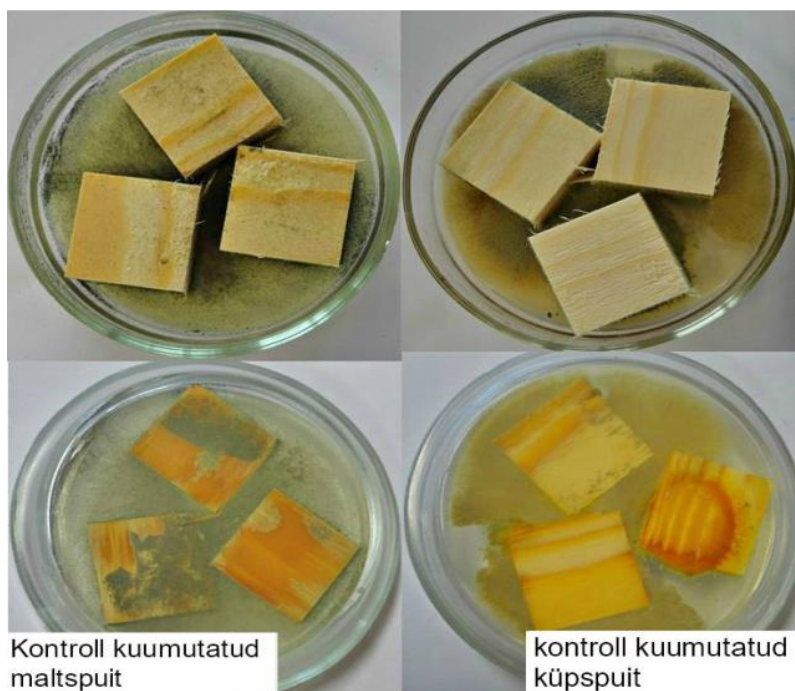


**Joonis 25.** Kuumutamata ja töötlemata malts- ja küspuidu kontroll katsekehadel ei tuvastatud sinetust.

Kaheksa nädala jooksul ei leitud sinetust ka töödeldud (kuivatatud ja kuumutatud) puidus, nimetatud kontrollid on ära toodud (Joonis 26 ja 27).



**Joonis 26.** Kuivatatud malts- ja küspuidu kontrollidel ei olnud sinetust 8. nädalal.



**Joonis 27.** Kuumutatud malts- ja küspuidul sinetust ei tuvastatud 8. katsenädalal.

Lisaks visuaalsele pindmisele hindamisele, tehti hinnangud ka lõhestatud kontroll katsekehadele. Lõhestati nii toore, kuivatatud kui kuumutatud katsekategooriate kontrollid. Toore, kuivatatud ja kuumutatud katsekehade sisemistest kihtidest ei leidunud puidusinetust. Kuna kontroll katsekehade sees säilis puidu naturaalne värvus siis saab seda hinnata sinetuse vabaks puiduks (Joonis 28).



Kontroll toores maltspuit

Kontroll toores küpspuit



Kontroll kuivatatud maltspuit

Kontroll kuivatatud küpspuit



Kontroll kuumutatud maltspuit

Kontroll kuumutatud küpspuit

**Joonis 28.** Lõhestatud toore, kuivatatud ja kuumutatud kontroll katsekehadel säilis sisemistes kihtides naturaalne puidu värvus.

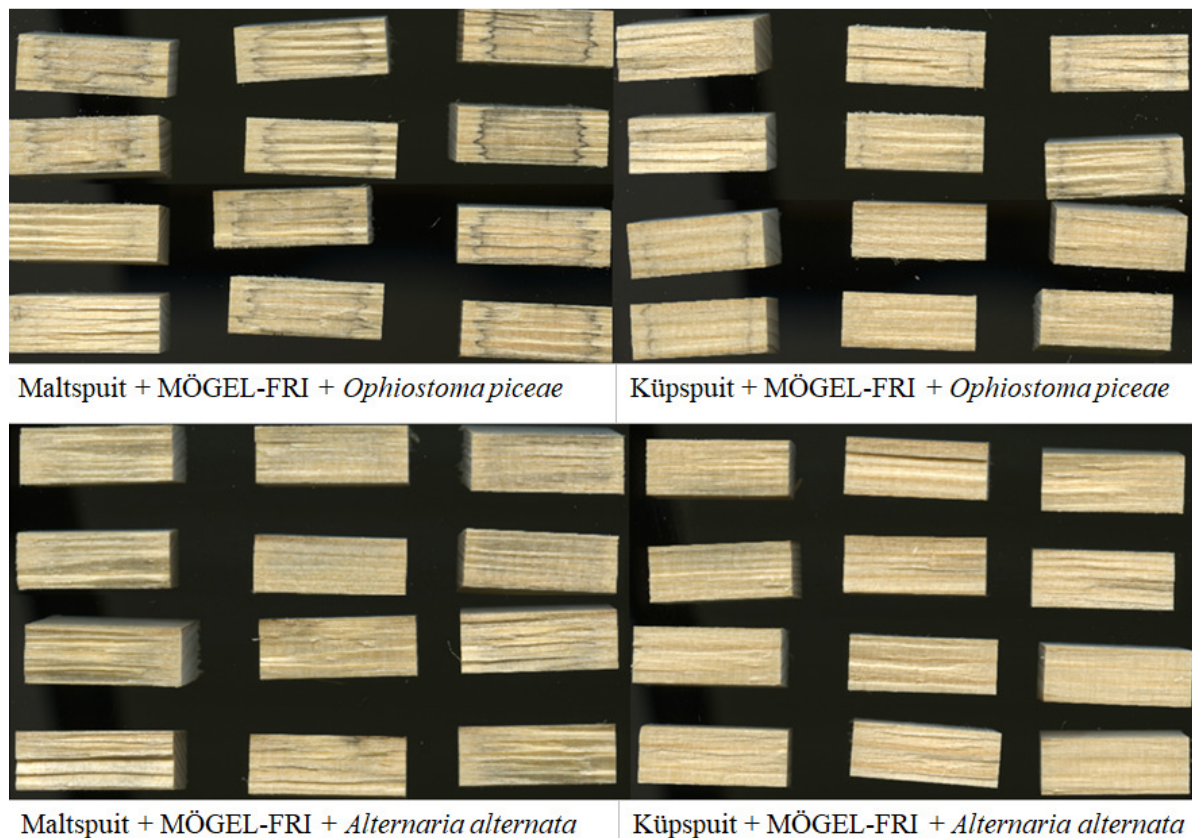
### 3.3. Tõrjevahenditega immutatud katsekehade puidusinetuse hinnangud puidu sees

Katsekehad lõhestati pikikiudu, et näha seennakkusse levikut puidu sisemistes kihtides. Sinetuse leviku pindala puidu sisemistes kihtides määrati eelnevalt kalibreeritud programmiga Image J. Järgnevalt arvutati sinetuse aritmeetiline keskmine pindala malts kui ka küspuidu kohta protsentuaalselt (Lisa 1).

#### 3.3.1. MÖGEL-FRI

Kõige suurem puidusinetuse poolt kahjustatud ala oli maltspuidu kategoorial M7 (vt. Lisa 1). Selle kategooria puidusinetuse osakaal oli 22,04% *Ophiostoma piceae*-ga nakatatud ja MÖGEL-FRI-ga immutatud maltspuidu katsekehade pindalast. Tulemustest selgub, et puiduimmuti tõrjus seent ainult katsekehade otstes (Joonis 29). Lisaks oli näha, et MÖGEL-FRI puidukaitsevahendil oli pigem seene kasvu soodustav mõju, võrreldes teiste töös kasutatud puidukaitsevahenditega. *Alternaria alternata*-ga maltspuidu katse kategoorias M1 oli sinetuse keskmine osakaal 7,13%, see polnud nii ulatuslik kui *O. piceae* nakkuse puhul (vt. Lisa 1). *Alternaria alternata* testil oli näha, et seen levib pigem pindmistes puidukihtides ning üldjuhul puidu sisemusse ei ulatu. K7 ja K1 katsekategooria puhul. *Ophiostoma*-ga nakatatud küspuidul olev sine keskmine osakaal oli 2,85% ja see oli suurem kui *Alternaria alternata* nakkusega katsekehadel 1,98%, (vt. Lisa 1). Kuna okaspuu lülipuit ongi sinetusseentele vastupidavam kui maltspuit. Okaspuu puidu värvimuutused ongi peamiselt maltspuidus, kuna sinetust tekitavad seened asuvad põhiliselt parenhüüm rakkudes (Schimdt 2006).





**Joonis 29.** Puidusinetuse esinemine MÖGEL-FRI-ga immutatud ning lõhestatud malts- ja küpspuidu katsekehadel 9. katsenädalal.

### 3.3.2. RP WOOD

RP WOOD puidukaitsevahendi testil oli *Alternaria*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel sinetus intensiivsem kui küpspuidu katsekehadel. *A. alternata*-ga nakatatud maltspuidu katsekehad on välja toodud kategoorias M3 (vt. Lisa 1). Sinetuse keskmine osakaal oli maltspuidu katsekehade pindalast 7,96%, see oli enam kui MÖGEL-FRI-ga immutatud puidukaitsevahendi katsel. Selgub, et pindmine puidusinetuse tekitaja oli levinud ka sisemistesse puidu kihtidesse. Teistes töodes kasutatud tõrjevahendite katsel oli seen üldjuhul pindmine. Küpspuidu kategoorial K3 oli sinetusega kaetud keskmine puidupind 0,74%, sinetuse ulatus polnud nii intensiivne kui maltspuidul. *O. piceae*-ga nakatatud maltspuidu katsekehadel kategoorias M9 esines puidusine vähesel määral 1,10%, võrreldes *A. alternata*-



ga (vt. Lisa 1). Kõpspuidu kategoorial K9 puidusinetust ei olnud. *O. piceae* ja *A. alternata*-ga nakatatud katsekehade tulemused on esitatud 9. katsenädala kohta (Joonis 30).



**Joonis 30.** Puidusinetuse esinemine RP Wood-ga immutatud ning lõhestatud malts- ja kõpspuidu katsekehadel 9. katsenädalal järel

### 3.3.3. BORACOL

BORACOL puidukaitsevahendiga immutatud ja *A. alternata*-ga nakatatud maltspuidu katsekehade katses esines puidusine ainult ühel katsekehal kategoorias M2, sellel sinetuse osakaal oli 0,59% (vt. Lisa 1). Sinetus oli näha sisemistes kihtides õrna hajusa laiguna. *Alternaria* seenega nakatatud kõpspuidu katsekehadel puidusine ei tuvastatud katsekategooria K2 (vt. Lisa 1). *O. piceae*-ga nakatatud malts- ja kõpspuidu testil puidusinega nakatumist ei esinenud kategooriad, vt. kategooriad M8 ja K8. *A. alternata* ja *O. piceae*-ga nakatatud malts-

ja küspuidu katsekehad on välja toodud (Joonis 31). Testitud tõrjevahenditest osutus kõige efektiivsemaks BORACOL puiduimmuti, kuigi välisel vaatlusel oli puidu pindmisel hindamisel näha õrna nakatumist sinetusega siis see ei katnud ühelgi katsekehal vaadeldavat pinda täielikult. Puidu sisemistes kihtides leidis ainult ühel maltspuidu katsekehal hajus nakatumine *A. alternata*-ga. *O. piceae* puhul tõrjus puidukaitsevahend seent sisemistes kihtides täielikult.

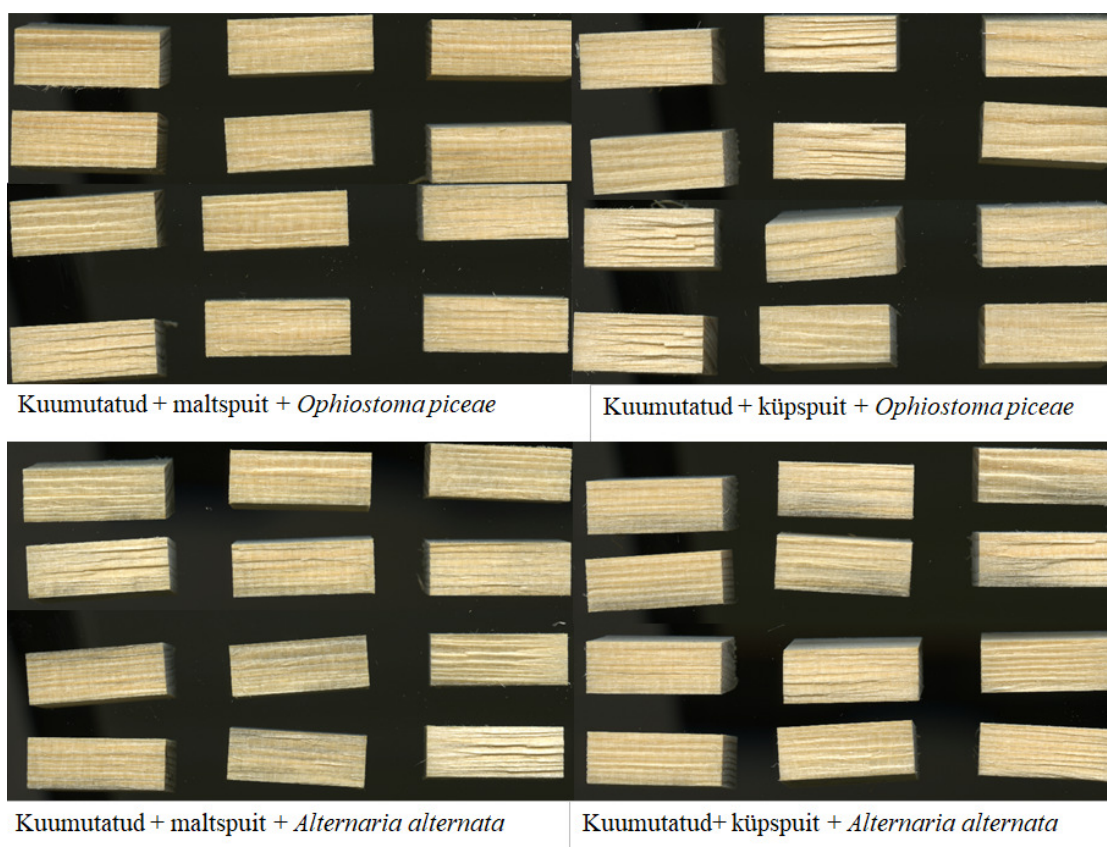
See kinnitab, et BORACOL oli kõige tõhusam, kuna sisemistel puidukihtidel säilis naturaalne puidu tekstuur. Seen ei suutnud tungida puidu sisemistesse kihtidesse 9 nädala jooksul alates katse algusest. Tootja lubab tõhusat kaitset hallituste, puidusine, vetikate, samblike hävitamiseks ja ennetamiseks puitmaterjalis.



**Joonis 31.** BORACOL-ga immutatud malts- ja küspuidu testi tulemused, kus leidis ainult ühel maltspuidu katsekehal puidusine 9. katsenädalal.

### 3.3.4. Kuumutatud, kuivatatud ja toores puit

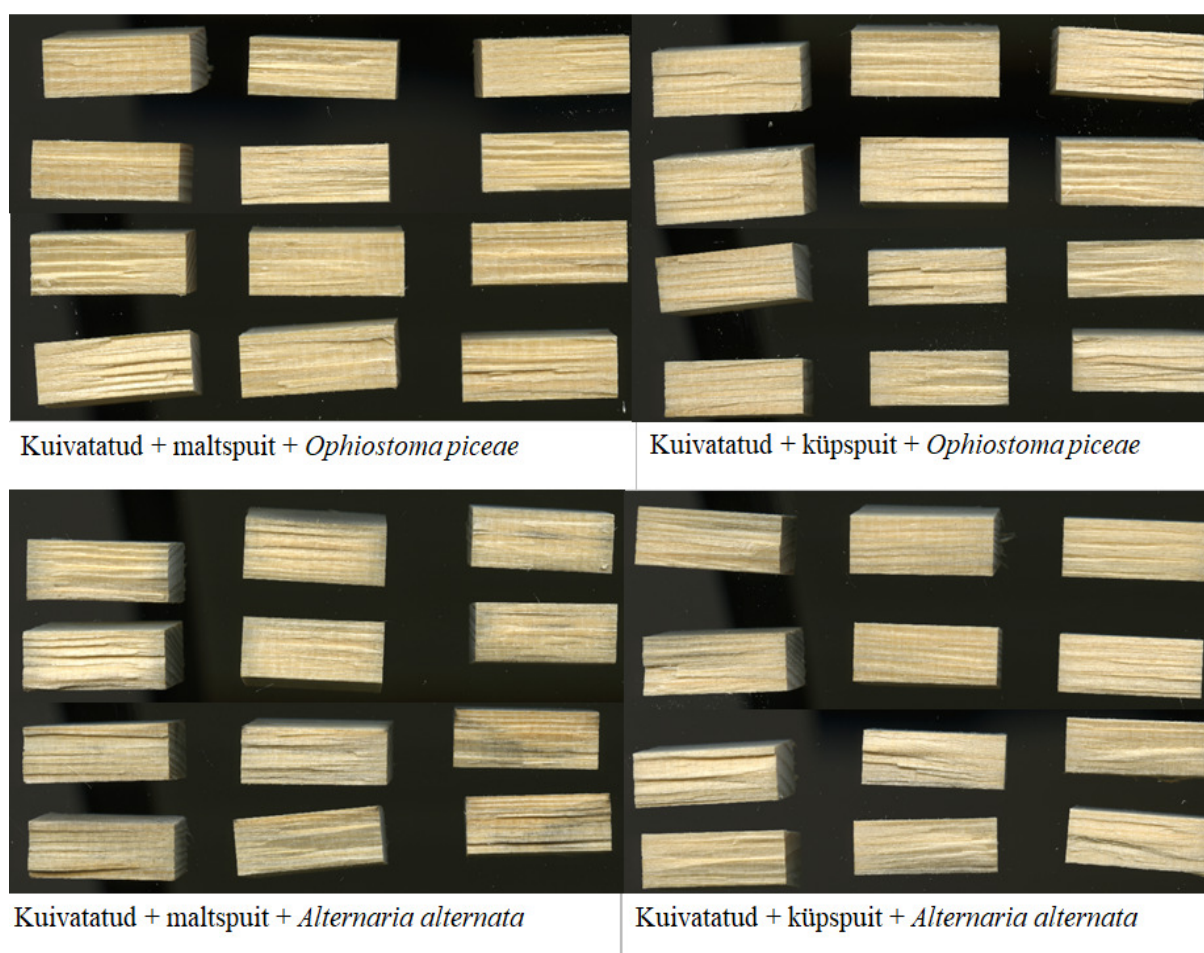
*A. alternata* kuumutatud maltspuidu katsel oli sinetuse osakaal 3,53% katsekehade kategoorias M6 (vt. Lisa 1). *Alternaria* küpspuidu variandil oli sinetus, kuid see polnud nii ulatuslik kui maltspuidul 2,61%, (vt. Lisa 1) kategoorias K6. Kuumutamine pigem soosis *Alternaria* sineeseene arengut. *O. piceae* kuumutatud malts- ja küpspuidu testis olevatel katsekehadel puidusine ei tuvastatud (vt. Lisa 1), katsekategooriad M12 ja K12. *O. piceae* katse tulemusena võib järeldada, et kuumutamise tõttu ei arenenud sineseen kahe kuu jooksul lõhestatud katsekehadel. Seega kahe kuu jooksul, *O. piceae* ei tungi puidu sisemistesse kihtidesse. Kuumutatud ja sineseentega nakatatud katsevariandid on esitatud joonisel 32.



**Joonis 32.** *Alternaria alternata* poolt tekitatud sinetust oli näha lõhestatud ja kuumutatud malts- ja küpspuidu katsekehadel 9. katsenädalal.

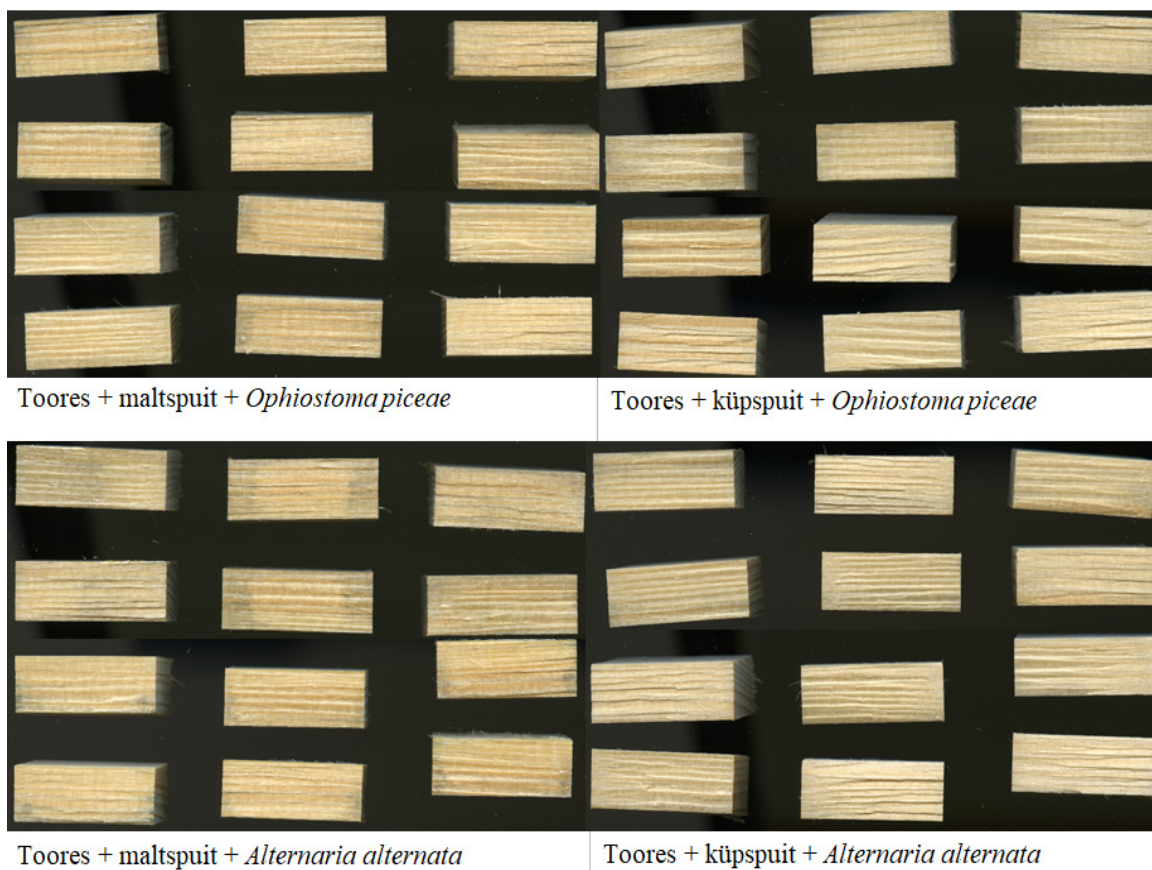


Kuivatatud *Alternaria* maltspuidu variandil oli sinetuse osakaal katsekehade pindalast 9,72%, katsekategooria M5 (vt. Lisa 1). Samuti oli *Alternaria* küpspuidu testil sine osakaal märkimisväärne 8,07%, kuid see jäi siiski maltspuidu sinetuse pindalale alla katsekategooria K5 (vt. Lisa 1). Kuivatatud puidul *Alternaria* testil ilmnas sinetust rohkem võrreldes toore puiduga (vt. joonis 33). *O. piceae* maltspuidu katsel oli sinetuse osakaal katsekehal 0,23%, ilmselt sellel seenel toimub areng pikemat aega, katsekategooria M11 (vt. Lisa 1). *O. piceae* katsel küpspuidus sinetust ei tuvastatud, katsekategooria K11 (vt. Lisa 1). Kuivatatud ja *Ophiostoma*-ga nakatatud katsekehad 9. katsenädala järel on toodud joonisel 33.



**Joonis 33.** Kuivatatud ja *Ophiostoma piceae* ning *Alternaria alternata*-ga nakatatud katsevariandid 9. nädalal.

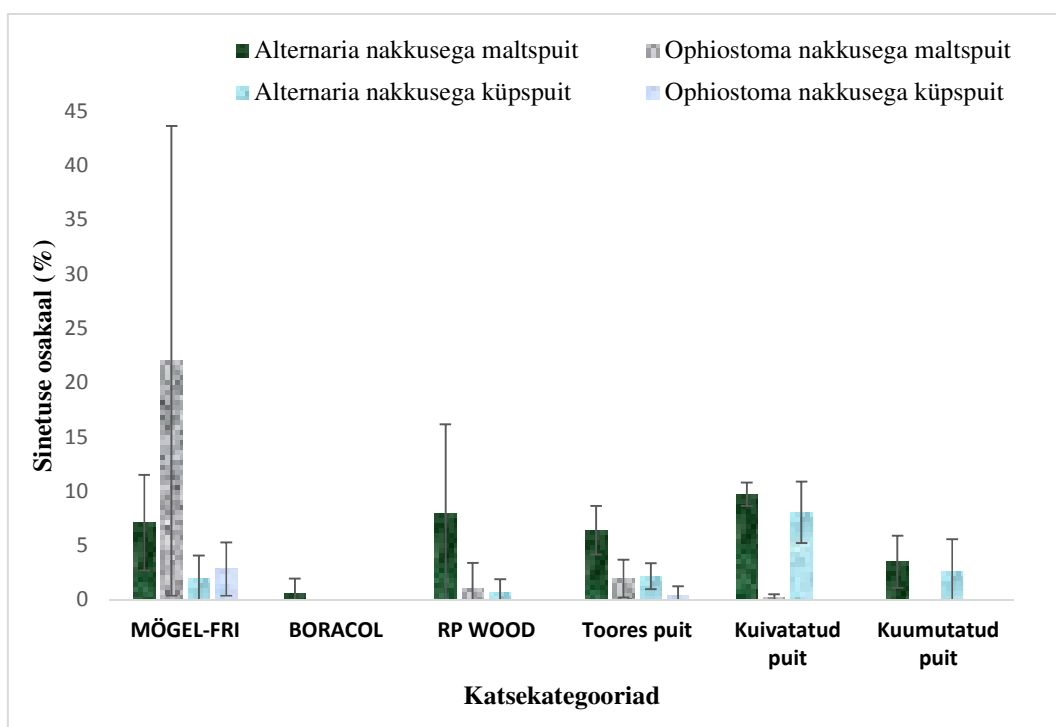
Toore maltspuidu ja *Alternaria* katsetestis oli puidusinetuse osakaal 6,41%, kõikidest katsekehadedest katsekategooria M4 (vt. Lisa 1). Puidusinetus tuvastati ka küspuidu katsekehadel puidusinetuse ulatus oli 2,18%, katsekategooria K4 (vt. Lisa 1). *O. piceae* maltspuidu testis oli sinetuse osakaal katsekehadel 1,97%, kõikidest katsekehade pindalast katsekategoorial M10 (vt. Lisa 1). Küspuidu katsel tuvastati puidusine ainult ühel katsekehal, sine ulatus oli 0,38%, katsekategooria K10 (vt. Lisa 1). Võrreldes töödeldud puiduga polnud toorel puidul sinetuse osakaal nii ulatuslik. Ilmselt toore puidu malts- ja küspuidu katsekehades olev vesi takistas sinetusseente aktiivset arengut. Järgnev hinnang näitab, et toore puidu katsekehadel olev puidusine osakaal oli väiksem kui töödeldud puidul (Joonis 34).



**Joonis 34.** Toore puidu katsetesti ning *Ophiostoma piceae* ja *Alternaria alternata* nakkusega katsekehad 9. katsenädalal.

### 3.4. Katsekategooriate erinevuste hindamine R-Studio keskkonnas

Andmete vastavust normaaljaotusele kontrolliti Shapiro Wilk testiga. R-Studio keskkonnas kasutati Wilcoxonit ehk Mann-Whitney testi, kuna andmed ei vastanud normaaljaotusele. R-keskkonnas uuriti Wilcoxonit testiga erinevate katsekategooriate statistilisi erinevusi. Wilcoxonit testi idee on selline, kus valimitest moodustatakse ühine variatsioonirida ja võrreldakse esimese ning teise valimi astakute summasid (Iher 2005). Käesoleva töö puhul võrreldi erinevate katsevariantide Wilcoxonit testide p-väärtuseid. On teada, et kui p-väärtus jääb testis  $< 0,05$  siis on erinevus katsevariantide vahel tõestatud. Wilcoxonit test tehti kõigi 24 kategooria kohta, kuid töös esitatakse ainult tõeseid ehk statistiliselt olulisi erinevusi ( $p < 0,05$ ) (Lisa 2 ja 3).



**Joonis 35.** Malts-ja küpspuidu katsekehtadel *Alternaria alternata* ning *Ophiostoma piceae*-ga nakatunud sinetuse hulga aritmeetiline keskmine ja nende erinevused katsevariantide vahel, koos 95 % usaldusnivooga.

Joonisel 35 esitatud sinetuse osakaalust selgub, et Mögel-Fri immutamine soodustas pigem sineseene arengut. Mögel-Fri ja *Ophiostoma* katses nakatunud puidusinetuse osakaal oli isegi suurem kui keemiliste preparaatidega töötlemata puidul ning Mögel-Fri-ga töödeldud puidul oli sinetuse osakakaal isegi suurem kui toorel puidul. RP Wood ja *Alternaria* variandil oli sinetuse osakaal suurem kui Mögel-Fri katsel, kuid *Ophiostoma* testis tõrjus RP Wood preparaat seent paremini kui Mögel-Fri. Ainult Boracol puidukaitsevahend tõrjus sineseeni edukalt, võrreldes teiste tõrjevahenditega. *Alternaria* sineseen on siiski niivõrd vastupidav, et Boracoli tõrje ka selle vastu ei aidanud, see oli nii vaid ühel juhuslikul klotsil (Joonis 35).

*Alternaria* on väga agressiivne kuuse maltspuidus pindmist sinetust tekitav seen, kuna selle seene nakkust tuvastati kõikidel katsevariantidel, seda nii kemikaalidega töödeldud kui ka kemikaalidega töötlemata katsetes (Joonis 35). *Ophiostoma* nakkust ei tuvastatud Boracol ja kuumutatud kuuse puidu katses. *Ophiostoma* seene areng on oluliselt aeglasem ning 2 kuu jooksul ei olnud olulist kahju näha kuivatatud ja kuumutatud kuusepuidul.

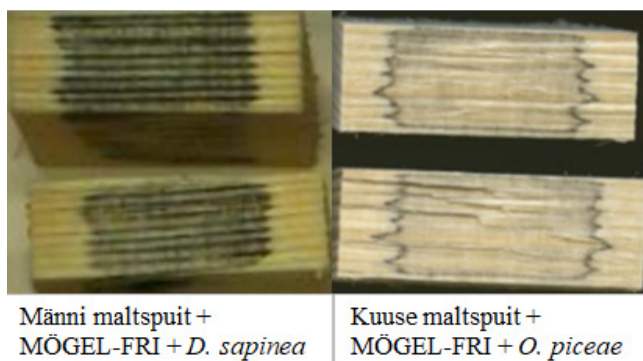
## 4. ARUTELU

Tulemustest selgub, et kõige efektiivsemaks puidukaitsevahendiks sinetuse tõrjel osutus BORACOL, sinetuse osakaal katsekehades oli vaid 0,59%. Puidusinetus tuvastati BORACOL puiduimmuti puhul ainult *Alternaria alternata* katsel, ühel katsekehal. BORACOL ja *Ophiostoma piceae* testis säilis puidu naturaalne tekstuur ning puidusine ei tuvastatud. Pindmisel visuaalsel hindamisel polnud katsekehad puidusinetusega läbivalt nakatunud. Pigem oli sine katsekehadel hajusalt ja laiguti. Kõivik (2016) uurimustöös selgitati välja samuti puidukaitsevahendite efektiivsus, kuid siis kasutati männipuidust katsekehi ja agressiivset puidusinetuse tekitajat *Diplodia sapinea*. Kasutatud preparaadid olid samad. Töö tulemusena selgus, et *Diplodia*-ga nakatus puit pindmiselt vaid üksikutel katsekehadel BORACOL-ga immutatud katsekehadel. Puidu sees polnud märke sinetusseenega nakatumisest. Antud töö täiendab (Kõivik 2016) teostatud katset ning kinnitab BORACOL puidukaitsevahendi efektiivsust puidusinetuse tõrjel nii männi- kui ka kuusepuidul. Käkki (2014) uurimustöös analüüsiti loodusliku koostisega tõrjevahendite efektiivsust puidusinetuse tõrjel. Kasutatud tõrjevahenditeks olid männitõrv, linaõli ja Eco Krunt PRG 30. Teostatud uurimustöös selgus, et männitõrv ei suutnud puidusinetuse teket takistada. Linaõli kasutamise puhul osutusid tõrjevahendi koostisosad pigem seenele toiduks, seetõttu arenes sineseen isegi edukamalt võrreldes kontrolliga. Kõige efektiivsemaks puidusine tõrjeks oli Eco Krunt PRG 30 (Käkki 2014). Tõrjevahendi edukus tulenes Eco Krunt PRG koostisest, mis oli leeliseline ehk aluseline ja muutis puidu immutatud osad seene elutegevusele vastuvõetamatuks.

MÖGEL-FRI ja *Alternaria alternata* katsel nakatusid katsekehad sinetusega laiguti ning ei katnud läbivalt pinda. Sama preparaadi ja *O. piceae* katsel oli maltspuidu katsekeha pind nakatunud tumedate triipudena ja laiguti. MÖGEL-FRI ja *O. piceae* katses oli puiduimmuti testimisel suurim puidusine osakaal 22,04% maltspuidul, *A. alternata* katse variandis jäi sinetuse osakaal 7,13%. MÖGEL-FRI ja *Ophiostoma*-testis oli nakatatud küspuidu keskmine sinetuse osakaal 2,85% ja see oli suurem kui *A. alternata* katses 1,98%. Kõivik (2016) uurimustöös ei katnud MÖGEL-FRI-ga nakatatud katsekehad läbivalt sinetunud pinda, vaid maltspuit oli nakatanud sinetusega puidu pinnal hajusalt. Puidu sisemisi kihte analüüsides oli

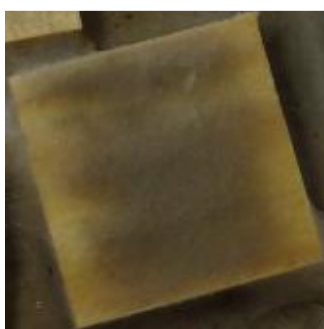


näha immutusvahendi mõju vaid katsekehade otstes, immutamata osas ehk katsekeha sisemuses oli puit nakatunud sinega ja sarnaselt käesoleva töö tulemustega (Joonis 36).



**Joonis 36.** Kuuse (paremal) ja männi (vasakul) maltspuidul on puidu sisemus nakatunud sinetusega, MÖGEL-FRI preparaadi mõju on näha vaid katsekehade otstes.

RP WOOD ja *A. alternata* puidu pindmisel hindamisel oli küpspuit nakatunud *Alternaria*-ga hajusalt, kuid maltspuit oli kohati nakatunud sinetusega pindmiselt ja läbivalt (Joonis 37).



**Joonis 37.** Kuuse maltspuidu ja RP Wood preparaadiga immutatud katsekehal esinev *Alternaria* sinetusega nakatumine pindmiselt ja läbivalt 8. katsenädalal.

RP WOOD ja *Ophiostoma* katses nakatatud maltspuidu katsekehade pindmisel nakatumisel oli ainult ühel katsekehal õrn sine, küpspuidul sinetust ei tuvastatud. *Alternaria* testi hinnangud näitasid, et sinetuse keskmine osakaal oli maltspuidu katsekehade pindalast 7,96% ja see oli enam kui MÖGEL-FRI-ga immutatud puidukaitsevahendi katsel. RP WOOD ja küpspuidu testis jäi sinetuse osakaal 0,74% juurde. *O. piceae*-ga nakatatud maltspuidu katsel esines puidusine vähesel määral 1,10% võrreldes *A. alternata* testiga. Kõivik (2016) katses puidu pindmisel hindamisel selgus, et maltspuidu katsekehad nakatusid *Diplodia*-sinetusega laiguti ega katnud vaadeldavat pinda täielikult, lülipuit oli nakatunud aga hajusalt. Puidu sees antud hinnangud näitasid maltspuidu intensiivset nakatumist seenega. Võrreldes käesoleva tööga oli

(Kõivik 2016) uurimustöös maltspuit *Diplodia*-sinetusega nakatunud intensiivsemalt, kui praeguses töös teostatud katsel, kuna *Diplodia* on võrreldes nende seentega oluliselt agressiivsem sinetuse tekitaja. Samuti on männipuit sinetusele vastuvõtlikum võrreldes kuusepuiduga (Swedish Wood 2018).

Sinetusega nakatumata palkide eksport on majanduslikult tähtis, seda ka sineseentega nakatumise riski vähendamiseks Jaapanis. Kuigi tingimused laevades palkide hoiustamisel on sinetuse levimiseks ideaalsed. Tehti kaks katset nii suvel kui talvel hindamaks küpse kiirja männi (*Pinus radiata*) palke, mis saeti Uus-Meremaal, kuid eksporditi Jaapani sadamasse. Suvel tehtud katses leiti palkidelt üheksa sineseent. Kõige levinumaks sinetust põhjustavateks seenteks olid *Ophiostoma floccosum*, *Ophiostoma querci* ja *Ophiostoma setosum*. Talvel tehtud katses leiti kümme sinetust tekitavat seent nende seas *Diplodia sapinea* (syn. *Sphaeropsis sapinea*), *O. querci*, *O. floccosum* ja *O. setosum*. (Thwaites et al. 2004) See kinnitab selgelt seda, et *Ophiostoma* perekonna liigid ja *Diplodia sapinea* on olulised puidusinetuse tekitajad ka mujal maailmas.

Uus-Meremaa on üks maailma suurimaid okaspuu ümarpalgi eksportijaid, see on kogu ekspordist 4 %. Puidusinetuse ennetamine ümarpalkidel on nende jaoks tähtis. Niiske ja soe ilmastik soodustab sineseente arengut transpordil. Värvimuutused ei mõjuta puidu mehaanilisi omadusi, kuid need mõjutavad ekspordist saadavat sissetulekut Uus-Meremaal. *Pinus radiata* puit on väga vastuvõtlik sinetusele, selle põhjustatud aastane kahju on hinnatud ligikaudu 100 miljonit NZ dollarit (Thwaites et al. 2004).

Rootsis läbi viidud uuringu tulemusel 10 nädala jooksul (Jonsson 2012) selgus, et männipuit nakatub sinetusega kiiremini kui kuusk. Uurimustööst järeldub, et kuusk nakatus samuti, kuid nakatumine sinetusega võttis rohkem aega. Sarnaselt käesoleva tööga, kus kuuse katsekehad nakatusid samuti sinetusega 2 kuu jooksul. Seega vältimaks puidu sinetusega nakatumist on tõrje vajalik. Puitu on vaja immutada, kuna ilma kaitseta nakatub puit sinetusega ning võib seejärel nakatuda lihtsamalt mädaniku tekitajate poolt. Kuna pole teada täpset aega, kui kaua ümarpalk metsas ning puidulaos seisab on puidukaitse hädavajalik. Kuiva puidu katses (Jonsson 2012) oli kuusk statistiliselt nakatunud sinetusega enam kui niiske puit. Sarnaselt käesoleva töö tulemusel, kus töödeldud puit nakatus sinetusega rohkem kui toores puit. Seega saab järeldada, et sineseene vähene areng oli pärsitud, ilmselt polnud liigniisked tingimused

seene arengu jaoks soodsad sarnaselt (Jonsson 2012) katses, kus niisutatud variandil oli sinetus juhuslik ning selle osakaal statistiliselt oluliselt madalam võrreldes kuiva katsega.

Välisõhuga kokku puutuvatel ja kaitsmata puitpindadel esinev hall toon on sinetusseente põhjustatud. See on ohutu tarindile ja tervisele ning puidu pinnal kasvav sineseen isegi kaitseb puitu välistegurite, näiteks lume eest. Välispindadel esinevaks sineseeneks on tavaliselt *Aureobasidium pullulans*. Nimetatud sineseen tekitab väljas olevale puitpinnale halli tooni. Vaakum- ja surveimmutatud puitmaterjal võib teatud aja möödudes pärast töötlemist siiski sinetuda nagu näiteks voodrilauad, aiamööbel ja õuerestid (Siikanen 2012), seda on näha ka minu katses, kus isegi BORACOL ei suutnud *Alternaria* seene nakkust 100% tõrjuda. Eestis ja Põhjamaades on väga rasked ilmastikutingimused, mistõttu puidukaitse on väga oluline küsimus.

Teisalt tuleb tõdeda, et sinetusseened muudavad puidu välisilme halvemaks ja suurendavad selle veeimavust. Selliste kahjustuste esinemine puidul näitab, et puitu on säilitatud ebasobivates tingimustes (Konsa, Pilt 2013) ning puidukaitse on jäänud tegemata.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli testida erinevate puidukaitsevahendite efektiivsust puidusinetust tekitavate seente *Alternaria alternata* ja *Ophiostoma piceae* tõrjel. *Alternaria alternata* kui kiire arenguga ja pindmine puidusinetuse tekitaja ja *Ophiostoma piceae* kui aeglasema kasvukiirusega, kuid puidu sisemusse leviv puidusinetuse tekitaja. Sineseente tüved kasvatati ette puhaskultuuris. Keemiliste preparaatidena kasutati töös Mögel-Fri, Boracol ja RP Wood puidukaitsevahendeid. Need tõrjevahendid on tarbijale kergesti kättesaadavad ehituspoodidest. Töös uurimiseks valiti tõrjevahendid, kuna need on värvitud ning ei muuda immutatud puidupinna värvust. Uurimistöös kasutatavaks materjaliks valiti hariliku kuuse malts- ja küpspuidu katsekehad. Need jaotati 18 erinevaks katsekategooriaks, katsekehi oli töös kokku 324 ja kasutati 108 Petri tassi. Harilik kuusk valiti katsematerjaliks, kuna on hinnaline ja oluline ehitusmaterjal.

Katses saadud tulemused täidavad selgelt püstitatud eesmärgid. Puidukaitsevahend Boracol suutis edukalt sineseeni tõrjuda nii puidu pinnal kui ka puidu sees. Boracoli-ga immutatud maltspuidu sees nakatus vaid üks maltspuidu katsekeha, kuid *Alternaria alternata* katses sinetuse osakaal oli 0,59%. Kuna Petri tassid olid sineseentele loodud väga head tingimused arenguks, saab kinnitada Boracoli head vastupanuvõimet puidusinetuse kaitsel nii sise- kui väliskeskkonnas. Teostatud uurimus kinnitab tootja lubadusi ning kinnitab 2016. aastal tehtud bakalaureusetöö tulemusi, kus osutus efektiivseimaks männipuidu sinetuse kaitsel samuti Boracol puidukaitsevahend.

Puiduimmuti Mögel-Fri testis olid katsekehad nakatunud nii pindmiselt kui ka sisemistes puidukihtides. *O. piceae* sinetusseenega oli nakatumine tugevaim, sinetuse osakaaluks oli maltspuidul 22,04% ja küpspuidul 2,85%. *Alternaria* katsel jäi sinetuse osakaaluks maltspuidul 7,13% ja küpspuidul 1,98%. Erinevus nakatunud ja nakatumata puidu testis seisnes selles, et katsekehade otstesse polnud seen levinud, kuid puidu sisemusse oli. *O. piceae* sineseelele olid tingimused arenguks soodsad ning seen tungis enamus maltspuidu katsekehadesse. Ilmselt ei jõudnud immutusvahend piisavalt sügavale puidukihtidesse. Kuna sineseen oli tunginud intensiivselt sisemistesse kihtidesse vajab antud tõrjevahend pikemat immutusaega, et tõrje oleks efektiivsem.

Preparaat RP Wood-ga immutatud katsekehad nakatusid samuti sinetusega nii malts- kui ka küpspuidul. Maltspuidu nakatumine oli intensiivsem, sinetuse osakaal 7,96%, ja küpspuidul oli puidusinetuse osakaal 0,74%. *A. alternata* sineseen nakatas katsekehade pinda osaliselt ja läbivalt. *Alternaria* testil puidu sees oli puidusinetuse osakaal suurem võrreldes Mögel-Fri katsega. *O. piceae* testis jäi sinetuse osakaal maltspuidul 1,10% juurde ja küpspuidul oli see 0,74%. Kuna sineseenega nakatumine oli tuvastatav ka sisemistes puidukihtides, siis ei saa antud puidukaitsevahendit pidada piisavalt efektiivseks sinetusseente tõrjumisel. Võrreldes toore, kuivatatud ja kuumutatud puidu test katsekehi keemiliste preparaatide tõrje tulemustega siis ainult kuivatamise tulemusel oli sinetuse osakaal suurem. Teistel variantidel olid puidusine osakaalud väiksemad.

Teostatud uurimustöö täitis püstitatud eesmärgi ning kinnitas, et Boracol puidukaitsevahend on puidusinetust tõrjuma kuusepuidul efektiivseim võrreldes teiste testitud kaitsevahenditega. Mögel-Fri tõrjevahendi puhul tuleks puitu immutada pikemat aega, et saada efektiivsemaid tulemusi. Käesoleva uurimustöö testi tulemusena on see puidukaitsevahend siiski ebapiisav puidusinetuse tõrjel. RP Wood puiduimmuti katsel ilmnis sineseenega nakkus nii pindmistes kui ka sisemistes puidu kihtides. Käesoleva töö tulemusena ei ole nimetatud puidukaitsevahend sobiv puidusinetuse tõrjeks.

## KASUTATUD KIRJANDUS

**Aastaraamat Mets 2017.** (2016). Keskkonnaagentuur.

[[http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016\\_08.09.pdf](http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016_08.09.pdf)].

293 lk. (29.04.2018).

**Beal, E., Webber, J.F., Eaton, R.A.** (2010). Comparative susceptibility of pine, spruce and larch to sapstain.- *Forest Pathology* 40, 116-128 lk.

**Boracol 10-3BD toote tutvustus.** (2018). Pestekspert veebilehekülg.

[http://www.pestekspert.ee/Boracol\\_102Bd\\_1L/p2036934\\_9396609.aspx](http://www.pestekspert.ee/Boracol_102Bd_1L/p2036934_9396609.aspx).(27.03.2018).

**Dawson-Andoh, E. B., Lovell, R., Kamdem P. D.** (2000). Inhibitory and Compatibility Effects of Essential Oils on Sapstain and Biological Control Fungi. 509-515 lk.

**d'Halewyn, M. A., Chevalier, P.** (2016). *Alternaria alternata*. - *Mould Compendium*.

INSPQ.<https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/alternaria-alternata>. (22.02.2018)

**Ghosh, C. S., Militz, H., Mai, C.** (2009). The efficacy of commercial silicones against blue stain and mould fungi in wood. 159-167 lk.

**Hubbard, S., Bowe, S., Mace, T., Koning, J., Cummings-Carlson, J.** (2005). Blue Stain. A guide to the causes, identification and prevention of blue stain damage incut logs. 2-10 lk.

**Iher, A.** (2005). Olulisemad kahe üldkogumi võrdlemise testid ja MS Excel'i moodul nende läbiviimiseks. Tartu Ülikool Matemaatika-informaatikateaduskond. Bakalaureusetöö. Matemaatilise statistika instituut.

**Jonsson, M.** (2012). Dry and wet storage of *Picea abies* and *Pinus contorta* roundwood with and without bark. - *Wood Material Science & Engineering*, 7, 41-48 lk.

**Jänes, J.** (2001). Ümarpuidu mõõtmine ja hindamine. Põltsamaa: Vali Press OÜ. 28 lk.

**Konsa, K., Pilt, K.** (2013). Majavamm, puukoi ja teised kahjurid. Hoonete seenkahjustused. Tammerraamat. 136 lk.

**Kreber, B.** (1994). UNDERSTANDING WOOD DISCOLORATION HELPS

- MAXIMIZE WOOD PROFITS. - *Forintek, Canada Corp.* Vancouver, B.C. 72-76 lk.
- Kung'u, J.** (2018). Alternaria: A Well Recognized Allergy Causing fungus. - *Mold & Bacteria Consulting Laboratories*. (22.02.2018)
- Kurm, M.** (2014). Mänd Eestis. Põltsamaa: Vali Press OÜ. 516 lk
- Krokene, P., Solheim, H.** (2001). Loss of pathogenicity in the blue-stain fungus *Ceratocystis polonica*. - *Plant Pathology*, 50, 497- 502.
- Kõivik, K.** (2016). Erinevate puidukaitsevahendite mõju puidusinetuse vältimiseks männipuidul. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.
- Käkki, K.** (2014). Erinevate puidukaitsevahendite mõju puidusinetuse vältimiseks männipuidul. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.
- Lee, K., Gibbs, J. N.** (1996). An investigation of the influence of harvesting practice on the development of blue-stain in Corsican pine logs. - *Forestry* 69 (2), 137-141.
- Miller, J. D.** (1980). BLUE STAIN GROWTH REQUIREMENTS AND SOME RELATED CONTROL PROCEDURES.-*Forest Research Laboratory*. Oregon State University. 8-12 lk.
- Mögel-Fri toote tutvustus.** (2018). Jape veebilehekülg. <http://www.jape.eu/et/tooted/mogel-fri>. (28.03.2018).
- Reiska, R.** (2010). Puidu kaitseimmutus. Puidu kuivatamine ja hüdrotermilinetöötlemine.[[http://www.kk.ttu.ee/puit/Puittoodete\\_tehnoloogia/Puidu\\_immutamine.pdf](http://www.kk.ttu.ee/puit/Puittoodete_tehnoloogia/Puidu_immutamine.pdf)] TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL. 2-41 lk. (22.02.2018).
- Riistop, M.** (2010). Puidu immutamine. Puumarket. [<https://puumarket.ee/static/files/386.Puidu%20immutamine.pdf>]. ( 28.03.2018).
- RP Wood toote tutvustus.** (2018). RP Buve. <http://www.rpbuve.lv/rp-wood/rp-wood-koka-antiseptikis/> ( 26.03.2018).
- Saarman, E., Veibri, U.** (2006). Puiduteadus. Tartu: Vali Press OÜ. 560 lk.
- Schmidt, O.** (2006). Wood and Tree Fungi, Biology, Damage, Protection, and Use. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Germany, 19, 334 lk.

- Siikanen, U.** (2012). Puidust ehitamine. Bioloogiliste kahjustuste põhjused. EHITAME kirjastus. 345 lk
- SWEDISH WOOD.** (2018). Microorganisms. Blue stain  
[[https://www.swedishwood.com/about\\_wood/choosing-wood/wood-and-moisture/microorganisms/](https://www.swedishwood.com/about_wood/choosing-wood/wood-and-moisture/microorganisms/)]. (24.03.2018).
- Zabel, R., Morrell, J.** (1992). Wood Microbiology: Decay and Its Prevention. Chapter 14 Wood Stains and Discolorations. Academic Press, London, 476 lk.
- Zeiner, A. C., Purvine, S. O., Zink, M. E., Paša-Tolić, L., Chaput, L. D., Haridas, S., Wu, S., LaButti, K., Grigoriev, V. I., Henrissat, B., Santelli, M. C., Hansel, M. C.** (2016). MycoCosm- The fungal genomics resource. *Alternaria alternata* SRC1lrK2f. <https://genome.jgi.doe.gov/Altal1/Altal1.home.html>. (21.02.2018).
- Taimelaitse, S.** (2014). (Puidu kuivatamise ja puidukuivatis kuivatatud puidust toodete valmistamise nõuded ja vastavusmäärgi vorminõuded.) vastu võetud 08.12.2006, viimati jõustunud 01.07.2014) - Riigi Teataja  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/128062014044>. (23.04.2018).
- Thadigiri, F.** (2009). EMLab P&K. Lumberyard Mold and Sap Stain.  
[<https://www.emlab.com/resources/education/environmental-reporter/lumberyard-mold-and-sap-stain/>] (18.03.2018).
- Thwaites, J.M., Farrell, R.L., Hata, K., Carter, P., Lausberg, M.** (2004). Sapstain fungi on *Pinus radiata* logs – from New Zealand forest to export in Japan. - *J. Wood Sci.* 50, 459-465.
- Uzunovic, A., Byrne, T., Gignac, M., Yang, D.-Q.** (2008). Wood Discolourations & Their Prevention With an Emphasis on Bluestain. - *FP Innovation*, Forintek. Special Publication SP-50 ISSN #1916-4238. 48 lk.
- Vanneste, L. J., Hill, A. R., Kay, J. S., Farrell, L. R., Holland, T. P.** (2002). Biological control of sapstain fungi with natural products and biological control agents: a review of the work carried out in New Zealand. 228-232 lk.



**LISAD**

**Lisa 1.** Malts- ja küspuidu katsekategooriatel arvatud *Alternaria alternata* ja *Ophiostoma piceae* puidusinetuse osakaal protsentuaalselt

Malts- ja küspuidu katsekategooriad													
Katsekehade järjekord		M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	M4 (%)	M5 (%)	M6 (%)	M7 (%)	M8 (%)	M9 (%)	M10 (%)	M11 (%)	M12 (%)
	1	10.31	0.00	17.37	5.30	10.19	2.73	16.41	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
	2	8.20	0.00	14.59	7.15	11.57	9.45	0.00	0.00	0.11	3.12	0.00	0.00
	3	12.65	0.00	0.00	4.77	7.11	5.92	0.00	0.00	0.25	0.00	0.50	0.00
	4	13.42	0.00	2.28	13.51	9.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
	5	7.08	0.00	4.80	7.71	8.94	0.79	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	12.50	5.32	30.59	5.00	8.99	0.00	22.57	0.00	0.00	4.14	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	1.22	4.72	9.00	3.66	70.85	0.00	0.00	1.73	0.50	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	3.91	10.93	3.49	68.49	0.00	9.04	6.46	1.07	0.00
	9	0.00	0.00	0.78	5.63	11.17	5.72	6.67	0.00	0.46	2.10	0.00	0.00
	Aritm.keskm	7.13	0.59	7.96	6.41	9.72	3.53	22.04	0.00	1.10	1.97	0.23	0.00
	Stand.viga	1.91	0.59	3.56	0.97	0.47	1.05	9.39	0.00	0.99	0.76	0.13	0.00
	Stand.hälve	5.73	1.77	10.67	2.92	1.40	3.14	28.16	0.00	2.98	2.27	0.38	0.00
	Min	0.00	0.00	0.00	3.91	7.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max	13.42	5.32	30.59	13.51	11.57	9.45	70.85	0.00	9.04	6.46	1.07	0.00
Katsekehade järjekord		K1 (%)	K2 (%)	K3 (%)	K4 (%)	K5 (%)	K6 (%)	K7 (%)	K8 (%)	K9 (%)	K10 (%)	K11 (%)	K12 (%)
	1	0.00	0.00	0.94	1.26	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	3.39	0.00	0.00
	2	2.06	0.00	0.00	0.00	11.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	7.35	0.00	1.11	2.24	8.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	1.46	9.66	10.53	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	2.00	12.44	6.54	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	1.06	9.74	5.03	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	5.16	0.00	4.60	2.56	5.83	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	5.10	6.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	3.23	0.00	0.00	3.92	8.94	1.35	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Aritm.keskm	1.98	0.00	0.74	2.18	8.07	2.61	2.85	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00
	Stand.viga	0.91	0.00	0.50	0.52	1.22	1.29	1.06	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00
	Stand.hälve	2.74	0.00	1.51	1.55	3.67	3.87	3.19	0.00	0.00	1.13	0.00	0.00
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max	7.35	0.00	4.60	5.10	12.44	10.53	8.90	0.00	0.00	3.39	0.00	0.00

**Lisa 2.** Puidukaitsevahendite mõjuanalüüs *A. alternata* ja *O. piceae* tõrjele ning maltspuidu sinetuse tõrje katsevariantide omavahelised erinevused (KUIVAT.P- kuivatatud puit, KUUMUT. P- kuumutatud puit, TOORES. P- toores puit, p-väärtus- olulisuse tõenäosus)

TEST	VÕRRELDAVAD KATSE-KATEGOORIAD (MP)	OLULISUSE TÕENÄOSUS $p < 0,05$
1	MÖGEL-FRI <i>A. alternata</i> ja BORACOL <i>A. alternata</i>	p-0.01204
2	MÖGEL-FRI <i>O. piceae</i> ja BORACOL <i>A. alternata</i>	p-0.01204
3	BORACOL <i>A. alternata</i> ja RP WOOD <i>A. alternata</i>	p-0.01172
4	RP WOOD <i>A. alternata</i> ja RP WOOD <i>O. piceae</i>	p-0.04773
5	BORACOL <i>O. Piceae</i> ja RP WOOD <i>A. alternata</i>	p-0.001849
6	BORACOL <i>O. piceae</i> ja RP WOOD <i>O. piceae</i>	p-0.01387
7	TOORES. P <i>A. alternata</i> ja TOORES. P <i>O. piceae</i>	p-0.0035
8	BORACOL <i>A. alternata</i> ja TOORES. P <i>A. alternata</i>	p-0.001031
9	BORACOL <i>O. piceae</i> ja TOORES. P <i>A. alternata</i>	p-0.000161
10	BORACOL <i>A. alternata</i> ja TOORES. P <i>O. piceae</i>	p-0.04457
11	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja TOORES <i>A. alternata</i>	p-0.004485
12	MÖGEL-FRI <i>A. alternata</i> ja KUIVAT.P <i>O. piceae</i>	p-0.03784
13	KUIVAT.P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT.P <i>O. piceae</i>	p-0.0003164
14	BORACOL <i>A. alternata</i> ja KUIVAT.P <i>A. alternata</i>	p-0.0002173
15	BORACOL <i>O. piceae</i> ja KUIVAT.P <i>A. alternata</i>	p-0.0001596
16	RP WOOD <i>A. alternata</i> ja KUIVAT.P <i>O. piceae</i>	p-0.01255
17	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja KUIVAT.P <i>A. alternata</i>	p-0.0009921
18	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0003164
19	TOORES <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.009118
20	TOORES <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0003187
21	TOORES <i>O. piceae</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0003983
22	KUUMUT <i>A. alternaria</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.001849
23	BORACOL <i>A. alternaria</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternaria</i>	p-0.01172
24	BORACOL <i>O. piceae</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternaria</i>	p-0.001849
25	RP WOOD <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.001849
26	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.01387
27	TOORES <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.000161
28	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternata</i>	p-0.001462
29	KUIVAT.P <i>O. Piceae</i> ja KUUMUT.P <i>A. alternata</i>	p-0.01255
30	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0001596

**Lisa 3.** Puidukaitsevahendite mõjuanalüüs *A. alternata* ja *O. piceae* tõrjele ning küpspuidu sinetuse tõrje katsevariantide omavahelised erinevused (KUIVAT.P- kuivatatud puit, KUUMUT. P- kuumutatud puit, TOORES. P- toores puit, p-väärtus- olulisuse tõenäosus)

TEST	VÕRRELDAVAD KATSE-KATEGOORIAD (KP)	OLULISUSE TÕENÄOSUS p< 0,05
1	MÖGEL-FRI <i>A. alternata</i> ja BORACOL <i>A. alternata</i>	p-0.03386
2	MÖGEL- FRI <i>A. alternata</i> ja BORACOL <i>O. piceae</i>	p-0.03386
3	MÖGEL- FRI <i>A. alternata</i> ja RP WOOD <i>O. piceae</i>	p-0.03386
4	MÖGEL-FRI <i>O. piceae</i> ja TOORES <i>O. piceae</i>	p-0.03071
5	TOORES. P <i>A. alternata</i> ja TOORES. P <i>O. piceae</i>	p-0.006224
6	MÖGEL-FRI <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.004587
7	MÖGEL-FRI <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
8	MÖGEL-FRI <i>O. piceae</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.01644
9	KUIVAT.P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005742
10	MÖGEL- FRI <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
11	BORACOL <i>A. alternata</i> ja TOORES. P <i>A. alternata</i>	p-0.0005787
12	TOORES. P <i>O. piceae</i> ja TOORES. P <i>A. alternaria</i>	p-0.006224
13	BORACOL <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.0005742
14	BORACOL <i>O. piceae</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.0005742
15	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005742
16	BORACOL <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternata</i>	p-0.03386
17	BORACOL <i>O. piceae</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternata</i>	p-0.001849
18	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja TOORES. P <i>A. alternata</i>	p-0.0005787
19	KUUMUT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
20	RP WOOD <i>A. alternata</i> ja TOORES <i>A. alternata</i>	p-0.01586
21	TOORES <i>A. alternata</i> ja TOORES <i>O. piceae</i>	p-0.006224
22	RP WOOD <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.00197
23	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.0005742
24	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005742
25	RP WOOD <i>O. piceae</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternata</i>	p-0.03386
26	KUUMUT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
27	TOORES <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005787
28	TOORES <i>O. piceae</i> ja KUIVAT. P <i>A. alternata</i>	p-0.0009541
29	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUIVAT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005742
30	TOORES <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005787
31	KUUMUT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
32	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>A. alternata</i>	p-0.02175
33	KUIVAT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.0005742
34	KUIVAT. P <i>O. piceae</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386
35	KUUMUT. P <i>A. alternata</i> ja KUUMUT. P <i>O. piceae</i>	p-0.03386

Mina, Hevelin Kõivik,

Sünniaeg 07.09.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö,

Puidusinetuse vältimine kuusepuidul erinevate puidukaitsevahenditega

mille juhendajad on PhD Regino Kask ja PhD Rein Drenkhan,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi Dspace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Kuni autoriõiguse kehtivusaja lõppemiseni

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_ (allkiri)

Tartu, 28.05.2018

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_ (juhendaja nimi)  
\_\_\_\_\_ ja allkiri) (kuupäev)

\_\_\_\_\_ (juhendaja nimi)  
\_\_\_\_\_ ja allkiri) (kuupäev)